

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 Sähköistetty rata



Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5

Sähköistetty rata

Liikenneviraston ohjeita 21/2013

Kannen kuva: Simo Toikkanen

ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-663X
ISBN 978-952-255-286-0

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-6648
ISBN 978-952-255-285-3

Kopijyvä Oy
Kuopio 2013

Julkaisua (myy)/saatavana
paino.kuopio@kopijyva.fi

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0295 34 3000

Väylätekniikkaosasto

Korvaa/muuttaa Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 Sähköistetty rata (RHK 1546/731/2004)
Sähköturvallisuusmääräysten soveltaminen sähköradan kiinteisiin laitteisiin;
RHK:n julkaisu B 10
Sähköistysten kiinteiden laitteiden suunnittelu ja rakentaminen, SSR 1978–1996

Voimassa 1.7.2013 alkaen

Asiasanat rautatiet, sähköistetty rata, ohjeet

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 Sähköistetty rata

Liikennevirasto on hyväksynyt RATO:n osan 5 Sähköistetty rata.

Ohje on voimassa koko Liikenneviraston hallinnoimalla rataverkolla sähköistysten suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvissä töissä.

Ylijohtaja



Raimo Tapio

Tekninen johtaja



Markku Nummelin

Lisätietoja
Juha-Matti Vilppo
Liikennevirasto
puh. 020 637 3985

Esipuhe

Liikenneviraston hallinnoiman rataverkon pituus on n. 6000 km, josta 53 % on sähköistettyä rataa. Ratajohtojärjestelmänä on 25 kV 50 Hz. Vetokaluston näkökulmasta sähkönsyöttö on koko sähköistetyllä rataverkolla samanlainen, vaikka ratajohdon syöttöjärjestelmänä on joko 25 kV tai 2x25 kV.

Ratasähköverkkoa syötetään 82 syöttöaseman kautta. Syöttöasemat saavat oman sähkönsä 110 kV liittymästä, jonka omistaa Liikennevirasto. Liittymäjohto kytkeytyy joko Fingridin tai alueellisen jakeluverkon 110 kV johtoon.

Sähkörataverkon kautta siirtyvä sähköenergian määrä vuositasolla on noin 780 GWh. Tämä vastaa noin prosenttia Suomen vuotuisesta sähköenergian kulutuksesta.

Ratasähköä käytetään pääasiassa junaliikenteen tarpeisiin. Se toimii sähkövetoisen kaluston energianlähteenä. Osa ajojohdinjärjestelmässä liikkuvasta energiasta hyödynnetään vaihteiden lämmittämiseen. Tätä energiaa voidaan hyödyntää myös vauunlämmitysmuuntajien kautta. Energiaa käytetään siis sähköistetyn rautatien tarpeisiin.

Tämä ohje esittelee sähköistetyn radan suunnitteluun ja rakentamiseen liittyviä asioita. Tässä ohjeessa ei käsitellä kunnossapitotoita eikä ohjeisteta radalla työskentelyä. Tämän ohjeen laadinnassa on selkeytetty olemassa olevaa ohjeistusta ja poistettu viittauksia ohjeisiin, joiden asiat ovat sisällöltään vanhentuneet.

Ohjeen projektipäällikkönä on toiminut ylitarkastaja Ville Saarinen Liikennevirastosta. Ohjetyöryhmään ovat kuuluneet Liikennevirastosta ylitarkastajat Juha-Matti Vilppo, Pekka Rautoja ja Janne Nieminen. VR Track Oy:stä työryhmään kuuluivat Lauri Rantamäki, Jyrki Saarro ja Erkki Tiippana. Ohjetyöryhmä haluaa kiittää kaikkia ohjetta kommentoineita, erityisesti Esa Antilaa Eltel Networks Oy:stä ja Jari Viitasta Liikennevirastosta.

Helsingissä kesäkuussa 2013

Liikennevirasto
Väylätekniikkaosasto

Sisällysluettelo

5	SÄHKÖISTETTY RATA	10
5.1	MÄÄRITELMÄT, SYMBOLIT JA LYHENTEET	10
5.2	RAUTATEIHIN SOVELLETTAVAT MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	17
5.2.1	Yhteentoimivuuden tekniset eritelmit	17
5.2.2	Standardit, määräykset ja ohjeet	17
5.2.2.1	CENELEC standardit	18
5.2.2.2	Materiaali- ja laitestandardit	20
5.2.2.2.1	Kaapelit, johtimet ja langat	20
5.2.2.2.2	Liittimet	20
5.2.2.2.3	Eristimet	20
5.3	SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT 25 KV JA 2X 25 KV	21
5.3.1	Liikenteen asettamat vaatimukset	21
5.3.2	Liikkuvan kaluston asettamat vaatimukset	21
5.3.3	Syöttöjärjestelmän suunnittelu	21
5.3.3.1	Imumuuntajajärjestelmä 25 kV	21
5.3.3.2	Säuntajajärjestelmä 2x25 kV	22
5.3.4	Paluuvirtatien suunnittelu	23
5.3.4.1	Imumuuntajajärjestelmä 25 kV	23
5.3.4.2	Säästömuuntajajärjestelmä 2x25 kV	23
5.3.4.3	Poikittaisyhdistykset	23
5.3.4.4	Käyttömaadoitukset	24
5.3.5	Pääkaavio	24
5.3.6	Ryhmityskaavio	25
5.4	SYÖTTÖASEMASUUNNITTELU	26
5.4.1	Pääkaavio	26
5.4.2	Syöttöasemien yleissuunnittelu	26
5.4.2.1	Paikan valinta	26
5.4.2.2	Kytinlaitoksen sisäinen tilankäyttö	27
5.4.3	Rakennesuunnittelu	27
5.4.3.1	Yleistä	27
5.4.3.2	Tekniset vaatimukset	27
5.4.3.3	Muuntajaperustukset ja öljyallas	27
5.4.3.4	Ulkokenttä ja kulkutiet	28
5.4.4	Sähkösuunnittelu	29
5.4.4.1	Yleiset sähkötekniset vaatimukset	29
5.4.4.1.1	Standardit	29
5.4.4.1.2	Nimellis- ja koejännitteet	29
5.4.4.2	Päävirtapiirit	30
5.4.4.2.1	Sähkötekniinen mitoitus	30
5.4.4.2.2	Johtimet ja varusteet	30
5.4.4.2.3	Kaapelit	30
5.4.4.2.4	Liittimet	31
5.4.4.3	Kojeet ja kojeistot	31
5.4.4.4	Maadoitukset	31
5.4.5	Apuvirtapiirit ja sähköasennukset	32
5.5	RATAJOHDON RAKENNE	33
5.5.1	Ratajohdon määrittely	33

5.5.2	Suomessa käytetyt ratajohtotyypit	35
5.6	RATAJOHDOLLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET	36
5.6.1	Sähköiset vaatimukset.....	36
5.6.2	Radan ja sen rakenteiden asettamat vaatimukset.....	36
5.6.2.1	Aukean tilan ulottuma	36
5.6.2.2	Raiteen asento ja asema	38
5.6.2.3	Turvalaitteet	39
5.6.3	Liikkuvan kaluston ja raiteen aseman asettamat vaatimukset	39
5.6.4	Ratajohdon asema	40
5.6.4.1	Ratajohtopylvään ja siihen kiinnitettävien varusteiden asema.....	40
5.6.4.2	Ajojohtimen asema	40
5.6.4.2.1	Ajojohtimen asema sivuttaissuunnassa	40
5.6.4.2.2	Ajojohtimen korkeus	41
5.6.4.3	Muiden johtimien asema	42
5.6.4.4	Ratajohdon toleranssit ja säätövarat.....	43
5.6.4.4.1	Pylvään ja perustuksen aseman toleranssit ja teräsrakenteiden sallitut taipumat.....	43
5.6.4.4.2	Ajojohtimen toleranssit ja säätövarat	43
5.7	RATAJOHDON SUUNNITTELU	46
5.7.1	Ratajohtorakenteiden sijoitus	46
5.7.1.1	Sijoitussuunnittelun kulku	46
5.7.1.2	Tarvittava perusaineisto	47
5.7.1.3	Yleissijoitus	47
5.7.1.3.1	Kiristyskentät.....	47
5.7.1.3.2	Imumuuntaja	48
5.7.1.3.3	Säästömuuntaja	49
5.7.1.3.4	Ankkuroinnit	49
5.7.1.3.5	Erotusjakso	49
5.7.1.3.6	Ryhmityseristimet.....	50
5.7.1.3.7	Erottimet.....	50
5.7.1.4	Pylvässijoitus	51
5.7.1.4.1	Pylväs- ja portaalityypit.....	51
5.7.1.4.2	Sijoitusperusteet.....	55
5.7.1.4.3	Kannatusrakenteen valinta	56
5.7.1.4.4	Perustukset	56
5.7.1.4.5	Harukset.....	56
5.7.1.5	Johdinsijoitus	57
5.7.1.5.1	Ajojohtimen rakenne eri raiteilla	57
5.7.1.5.2	Jänteen pituus ja siksakit	58
5.7.1.5.3	Ajojohtimet vaihteissa	59
5.7.1.5.4	Ajojohtimet kiristyskentissä	60
5.7.1.5.5	Ajojohtimen ripustimet.....	62
5.7.1.5.6	Kääntöorret ja kiristyslaitteet.....	62
5.7.1.5.7	Muut 25 kV:n johtimet	64
5.7.1.5.8	Paluujohdin	65
5.7.1.5.9	Reduktio-, kiskonvarmistus- ja M-johdin	65
5.7.2	Rakenteiden ja komponenttien suunnittelu.....	66
5.7.2.1	Yleistä.....	66
5.7.2.2	Ajolanka	67
5.7.2.3	Kannatin.....	67
5.7.2.4	Y-köysi.....	67

5.7.2.5	Ripustimet	67
5.7.2.6	Kääntöorret	68
5.7.2.6.1	Yleistä	68
5.7.2.6.2	Päätyypit	68
5.7.2.6.3	Pituus	68
5.7.2.6.4	Systeemikorkeus	69
5.7.2.6.5	Ajolangan ripustustapa kääntöorteen	69
5.7.2.6.6	Ohjain	69
5.7.2.7	Paluuvirtatien johtimet	70
5.7.2.8	Muut 25 kV johtimet	70
5.7.2.9	Eristimet	71
5.7.2.10	Kiristyslaitteet	71
5.7.2.10.1	Painokiristyslaitteisto	71
5.7.2.10.2	Pneumaattishydraulinen kiristyslaite	72
5.7.2.10.3	Jousikiristyslaite	72
5.7.2.11	Ankkuroinnit	72
5.7.2.12	Erotusjakso	72
5.7.2.13	Ryhmyseristimet	73
5.7.2.14	Sähköiset liitännät	73
5.7.2.14.1	25 kV virta- ja potentiaaliliitännät	73
5.7.2.14.2	Paluu- ja M-johtimen liitännät	74
5.7.2.15	Liittimet	74
5.7.2.15.1	Yleistä	74
5.7.2.15.2	Mekaaniset ominaisuudet	74
5.7.2.15.3	Sähköiset ominaisuudet	74
5.7.2.15.4	Raaka-aineet	75
5.7.2.15.5	Rakenne	75
5.7.3	Rakenteiden kuormitusten laskenta	75
5.7.3.1	Kuormitukset	76
5.7.3.1.1	Kuormitustyypit	76
5.7.3.1.2	Jääkuorma	77
5.7.3.1.3	Tuulikuorma	78
5.7.3.1.4	Lämpötilan aiheuttama kuorma	78
5.7.3.1.5	Asennus- ja kunnossapitokuorma	78
5.7.3.1.6	Satunnaiskuorma	78
5.7.3.2	Rakenteiden määrittäminen kuormitusten perusteella	78
5.8	DOKUMENTOINTI	79
5.8.1	Piirrosmerkit	79
5.8.2	Syöttöasemadokumentit	79
5.8.3	Suunnittelussa tuotettavat sähköratadokumentit	79
5.8.4	Dokumenttien korjaus ja arkistointi	79
5.9	SÄHKÖTURVALLISUUS	81
5.9.1	Yleistä	81
5.9.2	Kosketusjännitesuojaus	81
5.9.2.1	Suojamaadoittaminen	81
5.9.2.2	Kiskopotentiaalista aiheutuva kosketusjännite	82
5.9.3	Ulkopuolisen verkon PE- tai PEN-johtimen yhdistäminen paluukiskoon	83
5.9.4	Ratajohtopylväiden maadoitukset	84
5.9.4.1	Pylvään perusmaadoitus	84
5.9.4.2	PKL-pylväiden sekä vaihteenlämmitys-, vaununlämmitys- ja säästömuuntajiin liittyvien pylväiden maadoittaminen	84

5.9.4.3	Pylvään maadoittaminen paluukiskoon	84
5.9.4.4	Pylvään maadoittaminen M-johdinalueella	85
5.9.4.5	Potentiaalin ohjauselektrodi	86
5.9.4.6	Eristämismenettely	87
5.9.4.7	Liitäntä pylvääseen	87
5.9.5	Johtimien etäisyysvaatimukset sekä suojaus jännitteisen osan koskettamiselta	87
5.9.5.1	Yleistä	87
5.9.5.2	Vapaa ilmaväli	87
5.9.5.3	Johtimen sijainti	88
5.9.5.3.1	Avorata	88
5.9.5.3.2	Tasoristeys	89
5.9.5.3.3	Ratapiha sekä laituri- ja kuormausalueet	89
5.9.5.3.4	Kallioleikkaus	90
5.9.5.3.5	Rautatiealueella olevat rakennukset, avovarastot ja muut mekaaniset rakenteet	95
5.9.5.3.6	Opastin	98
5.9.5.3.7	Valaisin	103
5.9.5.3.8	Suojaus radan ylittävällä sillalla	103
5.9.6	Jännitelujuus	107
5.9.6.1	Eristimien pintaryömintämatkat	107
5.9.6.2	Koestamattomat vapaat ilmavälit	108
5.9.7	Varoituskilvet ja pylvääseen kiipeämisen estäminen	108
5.9.7.1	Varoituskilvet	108
5.9.7.2	Ratajohtopylvääseen kiipeämisen estäminen	109

LIITELUETTELO

Liite 1	(SSR 8.6200)	Eri ratajohtotyypit
Liite 2	(SSR 8.6201)	I-pylväs
Liite 3	(SSR 8.6202)	Harustettu I-pylväs
Liite 4	(SSR 8.6203)	Yhden raiteen imumuuntajataline
Liite 5	(SSR 8.6204)	P-portaalit
Liite 6	(SSR 8.6207)	Kehäportaalit
Liite 7	(SSR 8.6209)	Ulokepylväs (ristikkojalalla)
Liite 8	(SSR 8.6301)	Y-köydellinen ajojohdin, ohjainripustus
	(SSR 8.6303)	Y-köydetön ajojohdin, sivutukiripustus
Liite 9	(SSR 8.6311)	Virroittimen kontaktiosan muoto
Liite 10	(SSR 8.6312)	Pääteankkuroinnit
Liite 11	(SSR 8.6314)	Keskiankkurointi
Liite 12	(SSR 8.6315)	Y-köysi
Liite 13	(SSR 8.6317)	Ratajohdon erilaisia ripustimia
Liite 14	(SSR 8.6319)	Erilaisia kääntöorsityyppejä
Liite 15	(SSR 8.6320)	Erilaisia kääntöorsityyppejä
Liite 16	(SSR 8.6321)	Erilaisia kääntöorsityyppejä
Liite 17	(SSR 8.6324)	Ohjaimen käytönrajojen tarkistus, suora rata (esimerkki)
Liite 18	(SSR 8.6325)	Ohjaimen käytönrajojen tarkistus, kaarre (esimerkki)
Liite 19	(SSR 8.6327)	Ohjaimet ja ohjaimen tuet
Liite 20	(SSR 8.6330/1)	Sauvaeristintyypppejä
Liite 21	(SSR 8.6330/2)	Tukieristintyypppejä
Liite 22	(SSR 8.6330/3)	Rulla-, lautas- ja haruseristin
Liite 23	(SSR 8.6330/4)	Ryhmytyseristin

Liite 24	(SSR 8.6330/6)	Ryhmyseristin
Liite 25	(SSR 8.6330/7)	Erotusjakso
Liite 26	(SSR 8.6330/8)	Erotusjakso
Liite 27	(SSR 8.6330/9)	Erotusjakso
Liite 28	(SSR 8.6332)	Pitkittäiserottimen liitäntä ajojohtimeen
Liite 29	(SSR 8.6334)	Ratapihaerottimen liitäntä ajojohtimeen
Liite 30	(SSR 8.6335)	Ajojohtimien välinen virtaliitäntä suljetussa kentässä ja vaihteessa
Liite 31	(SSR 8.6336)	Yksiraiteisen radan imumuuntajaliitäntä ratajohtoon
Liite 32	(SSR 8.6337)	Kaksiraiteisen radan imumuuntajaliitäntä ratajohtoon
Liite 33		Imumuuntaja asennettuna P-pylväaseen
Liite 34	(SSR 8.6339)	Syöttöjohtimen liitäntä ajojohtimeen
Liite 35	(SSR 8.6340)	Ryhmitysjohtimen liitäntä ajojohtimeen
Liite 36	(SSR 8.6341)	Radanylitysjohtimen liitäntä ajojohtimeen
Liite 37	(SSR 8.6342)	Kannattaimen ja ajolangan välinen potentiaaliliitäntä
Liite 38	(SSR 8.6343)	Erotuskentän potentiaaliliitäntä
Liite 39	(SSR 8.6345)	Paluu- ja M-johtimen liitäntä PKL-pylväällä ja PKL-pylvään liitäntä paluukiskoon
Liite 40	(SSR 8.6346)	Paluujohtimen yhdistäminen radanylitysjohtimeen
Liite 41	(SSR 8.6347/1)	Paluujohtimen kannatusrakenne ja kiristysketju
Liite 42	(SSR 8.6347/2)	M-johtimen kannatusrakenne ja kiristysketju
Liite 43	(SSR 8.6350)	80 ja 100 mm ² ajolankojen poikkipintojen mitat
Liite 44	(SSR 8.6351/1)	Erilliskiristetyn ajojohtimen 1-osainen kiristyslaitteisto I-pylväällä painot rinnakkain
Liite 45	(SSR 8.6351/2)	Erilliskiristetyn ajojohtimen 1-osainen kiristyslaitteisto I-pylväällä painot peräkkäin
Liite 46	(SSR 8.6352)	2-osainen kiristyslaitteisto
Liite 47	(SSR 8.6353)	Jousi- ja pneumaattishydraulinen kiristyslaitteisto
Liite 48	(SSR 8.6417)	Paluukiskojen välinen poikittaisyhdistys ratapihalla ja avoradalla (yksi- ja kaksikiskoisen raidevirtapiirin alueella)
Liite 49	(SSR 8.6501)	Pääkaavio, 25 kV:n järjestelmä
Liite 50		Pääkaavio, 2x25 kV:n järjestelmä
Liite 51	(SSR 8.6505)	Muuntajan kuljetusauton vaatimat tilat syöttöasemalla
Liite 52		Ratajohtotyyppien jakautuminen rataosittain (8.6.2012)

5 Sähköistetty rata

5.1 Määritelmät, symbolit ja lyhenteet

Tähän sanastoon on kerätty yleisimmät sähköradan sähköistykseen liittyvät termit.

<u>Ajojohdin</u>	Ajolangan ja kannattimen tai vain ajolangan muodostama johdin.
<u>Ajojohtimen rakennekorkeus</u>	Kannattimen ja ajolangan välinen pystyetäisyys muualla kuin ajojohtimen kannatuskohdassa.
<u>Ajolangan ohjain</u>	Kääntöorren osa, johon ajolanka voidaan kiinnittää ja jonka tarkoituksena on parantaa ajojohtimen joustavuutta ja pitää ajolanka sivusuunnassa paikallaan.
<u>Ajolanka</u>	Ajojohtimen alempi osajohdin, josta virroitin ottaa tehoa.
<u>A-köysi</u>	Kannattimettomassa ajojohtimessa ajolangan ripustamiseen käytetty apuköysi.
<u>a-kisko</u>	Ratajohtopylvään puoleinen kisko. Vastaavasti b-kisko on kauempi kisko
<u>Aukean tilan ulottuma (ATU)</u>	Pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella ei saa olla kiinteitä rakenteita eikä laitteita.
<u>EJP</u>	Erotusjakson paikka.
<u>Eristysjatkos</u>	Ratakiskon sähköisesti eristävä katkaisu.
<u>Erotusjakso</u>	Rakenne, jossa ajojohdin on vierekkäisten syöttöalueiden rajalla eristetty pituussuunnassa kahdesta peräkkäisestä kohdasta, joiden väliin jää maadoitettu osa.
<u>Erotusjaksoalue</u>	Erotusjakson kohdalla oleva alue, jossa keskeytetään tehon otto ajojohtimesta.
<u>Erotuskenttä</u>	Kiristyskenttä, jossa on siirtymäjänne ja erotusväli.
<u>Erotusväli</u>	Erotuskentän tai ryhmyseristimen ilmaväli, joka on ajojohtimen kahden sähköisen ryhmän rajana.
<u>Esiriippuma</u>	Ajolankaan tehty vähäinen riippuma, jonka tarkoituksena on kumota jänteen keskialueen suuremman joustavuuden haitallinen vaikutus virranottoon.

<u>Impedanssisilta</u>	<p>Keskipistekuristin, jota käytetään kaksikiskoisen raidevirtapiirin alueella paluuvirran johtamiseen eristysjatkoksen yli (raidekuristin) sekä rakenteiden, paluujohtimen ja M-johtimen maadoittamiseen paluukiskoon (maadoituskuristin).</p> <p>Raidekuristin toimii myös raidevirtapiirin syöttöpään tai relepään muuntajana. Maadoituskuristin yhdistää maadoituskohteen kiskoihin (50 Hz), mutta ei oikosulje kiskoja raidevirtapiirin kannalta (125 Hz).</p>
<u>Imumuuntaja (IM)</u>	<p>Muuntaja, jonka ensiö on sarjassa ajojohtimen kanssa ja toisio paluujohtimen kanssa ja jonka tarkoitus on pakottaa paluuvirta kulkemaan paluujohtimessa.</p>
<u>Imumuuntajaväli</u>	<p>Kahden peräkkäisen imumuuntajan väli.</p>
<u>Kaksikiskoinen raidevirtapiiri</u>	<p>Raidevirtapiiri eristetyllä raideosuudella, jossa raiteen molemmat kiskot ovat paluukiskoja.</p>
<u>Kaksoisorsipylväs</u>	<p>Pylväs, johon on kiinnitetty kaksi kääntöortta samalle puolelle.</p>
<u>Kannatin</u>	<p>Ajojohtimen ylempi osajohdin, joka kannattaa ripustimien välityksellä ajolankaa.</p>
<u>Keräilyjohdin</u>	<p>Maassa tai ilmassa oleva maadoitusjohdin, jolla useita ratajohtopylväitä tai muita suojamaadoitettavia osia liitetään paluukiskoon.</p>
<u>Keskiankkuroinnin keskipylväs</u>	<p>Pylväs, jossa keskiankkurointikäyry on kiinnitetty kannattimeen kääntöorrossa.</p>
<u>Keskiankkurointi</u>	<p>Ajojohtimen (ajolangalla ja kannattimella erillinen kiristys) tai vain kannattimen (ajolangalla ja kannattimella yhteinen kiristys) ankkurointi painojakson keskivaiheilla.</p>
<u>Kiintoajojohdin</u>	<p>Tunneleissa ja halleissa käytettävä ajojohdintyyppi, jossa ajolanka on asennettu kiinteästi ilman kiristyslaitteita.</p>
<u>Kiristyskenttä</u>	<p>Ajojohdinjäljet alueella, jossa raiteen peräkkäisten ajojohdinosien päät on viety toistensa ohi kiristyspylväille niin, että alta kulkeva virroitin voi koko ajan koskettaa ainakin toista ajolankaa.</p>
<u>Kiristyskenttäväli</u>	<p>Saman raiteen kahden peräkkäisen kiristyskentän siirtymäjäljen keskipisteen väli.</p>

<u>Kiristyslaite</u>	Ajojohtimen kiristyspylväessä oleva varuste, jonka tehtävänä on pitää ajojohtimen köysivoimat mahdollisimman vakiona.
<u>Kiristyspylväs</u>	Pylväs, johon kiristetään tai ankkuroidaan yksi tai useampia radan suuntaisia johtimia niin, että pylväs mahdollisine haruksineen ottaa vastaan johdinten köysivoimia.
<u>Kiristyspyörästö</u>	Kiristyslaite, jossa on köysipyörästö ja kiristyspaino.
<u>Kiristysväli</u>	Keski- tai pääteankkuroinnin ja kiristyslaitteen välinen ajojohdinosuus.
<u>Kiskonvarmistusjohdin (K-johdin)</u>	Yhtä paluukiskoa käytettäessä tämän rinnalle kytketty johdin, joka varmistaa paluuvirtatien kiskon katkeamisen varalta.
<u>Kiskonvarmistusjohtimen kiskoonliitäntä (KKL)</u>	Kiskonvarmistusjohtimen yhdistäminen paluukiskoon.
<u>Kohtaamisjänne</u>	Vaihteen ajojohdinjänne, jossa virroitin kohtaa viereisen raiteen ajolangan.
<u>Konsoli</u>	Pylväaseen tavallisesti kääntöorren jatkeeksi kiinnitettävä rakenne.
<u>Kuormituskohta</u>	Kohta, jossa sähköveturi, -juna tai kiinteä sähkölaite (esim. vaihteenlämmitysmuuntaja) ottaa tehonsa ajojohtimesta.
<u>KytKentäryhmä</u>	Kytkenlaitteiden, ryhmityseristimen, erotuskentän tai erotusjakson rajaama ratajohdon virtapiirin metallisesti yhtenäinen osa.
<u>Käyttökeskus</u>	Keskus, jossa käyttöpäivystäjä tekee keskitetysti sähköradan kytkentämuutoksia ja valvoo energian käyttöä.
<u>Kääntöorsi</u>	Pylväaseen tai vastaavaan kannatusrakenteeseen kiinnitetty, eristimillä varustettu ajojohdinta kannattava rakenne, joka pääsee kääntymään vaakatasossa.
<u>Liitäntäjohdin</u>	Osajohtimien, johtimien sekä johtimen ja kojeen välisiin liitäntöihin käytetty johdin, joka on tavallisesti taipuisa, lyhyehkö ja löysänä riippuva.
<u>M-johdin</u>	Yleensä ilmassa oleva maadoitusjohdin, jota käytetään ratajohtopylväiden ja muiden rakenteiden maadoittamiseen paluukiskoon.
<u>M-johtimen kiskoonliitäntä (MKL)</u>	M-johtimen liitäntä paluukiskoon.

<u>Ohitusjohdin</u>	Ajojohtimen rinnalle kytkettävissä oleva muualta kuin syöttöasemalta lähtevä johdin, jolla voidaan ohittaa radan pituussuunnassa yksi tai useampia ajojohtimen sähköisiä ryhmiä.
<u>Ohitusjohto</u>	Paluujohtimellisessa järjestelmässä ohitusjohdin ja tämän oma paluujohtin.
<u>Painojakso</u>	Ajojohdinosuus, jonka molemmissa päissä on kiristyslaite (-paino).
<u>Paluujohtin</u>	Paluuvirtaa varten oleva johdin, joka liitetään paluukiskoon jokaisen imumuuntajavälin keskivaiheilla.
<u>Paluujohtimen kiskoonliitäntä (PKL)</u>	Paluujohtimen yhdistäminen paluukiskoihin.
<u>Paluukisko</u>	Paluuvirtatien osana toimiva metallisesti yhtenäinen rataisko.
<u>Paluukiskojen poikittaisyhdistys</u>	Useampiraiteisella radalla rinnakkaisten paluukiskojen välille joko suoraan tai impedanssiltojen keskipisteen kautta tehty metallinen yhdistys.
<u>Paluuvirta</u>	Kuormituskohdasta tai vikapaikasta syöttöasemalle palaava virta.
<u>Paluuvirtatie</u>	Osa sähköradan virtapiiriä, jota pitkin virta palaa kuormitus- tai vikapaikasta syöttöasemalle.
<u>Pitkittäiserotin</u>	Samanaikaisen ajojohtimen sekä mahdollisen imumuuntajan kanssa sarjassa oleva erotin.
<u>Poikittäiserotin</u>	Eri pääraiteiden ajojohtimien välinen erotin.
<u>Portaali</u>	Kannatusrakenne, jonka muodostavat jalkoina olevat pylväät ja niitä yhdistävät orret (portaalioret).
<u>Potentiaalinohjauselektrodi</u>	Yleensä renkaanmuotoinen johdin, jonka tarkoitus on tasoittaa maapotentiaali askel- ja kosketusjännitteiden pienentämiseksi.
<u>Puristusorsi</u>	Kääntöorsi, jossa ajolangan kulmavoima vaikuttaa kääntöorren kiinnityskohtaan päin.
<u>Pylväsetäisyys</u>	Pylvään etureunan vaakasuora etäisyys raiteen kallistamattomasta keskiviivasta.
<u>Pääkaavio</u>	Kaaviollinen esitys rataosan sähköistyksestä. Pääkaaviosta voidaan käyttää myös nimitystä yleiskaavio. Pää-

	kaavio on sähköistysurakkaa varten tehtävä suunnitelmadokumentti.
<u>Pääteankkurointi</u>	Ajojohtimen pään kiinteä ankkurointi kiristyspylvääseen tai vastaavaan.
<u>Radanylitysjohtin</u>	Poikittain radan ylittävä sähköratajärjestelmän muu virtajohtin kuin liitäntäjohtin.
<u>Raidevirtapiiri</u>	Eristetyn raideosuuden, jännitelähteen ja releen käämin muodostama virtapiiri, joka ilmaisee junan olemisen eristetyllä raideosuudella.
<u>Ratajohto</u>	Ajojohtimen ja mahdollisen paluujohtimen tai vastajohtimen sekä kannatusrakenteiden ja varusteiden muodostama johto.
<u>Reduktiojohtin (R-johtin)</u>	Imumuuntajattomassa ja säästömuuntajattomassa järjestelmässä paluukiskojen rinnalle kytketty johtin, jonka tarkoituksena on pienentää maan kautta palaavaa virtaa.
<u>Reduktiojohtimen kiskoonliitäntä (RKL)</u>	Reduktiojohtimen yhdistäminen (tavallisesti 300...500 m välein) paluukiskoihin.
<u>Ripustin</u>	Rakenne, jolla ajolanka on ripustettu kannattimeen.
<u>Ryhmyseristin (RE)</u>	Varuste, joka jakaa ajojohtimen kahteen sähköiseen ryhmään siten, että alta kulkeva virroitin voi ottaa koko ajan tehoa.
<u>Ryhmytsjohtin</u>	Yhden tai useampia jäniteitä sisältävä johtin, jota käytetään lähekkäisten eri sähköistä ryhmää olevien johdinten välisiin kytkentöihin.
<u>Ryhmytskaavio</u>	Ajantasainen kaaviollinen esitys tietyn rataosan raiteiden jakaantumisesta sähköradan kytkentäryhmiin.
<u>Ryhmäerotin</u>	Ratapihan sivuraiteiden tai sivuraiteen ja pääraiteen ajojohtimien välinen erotin.
<u>Siirtymäjänne</u>	Kiristyskentän keskimmäinen jänne, jossa virroittimen kosketus siirtyy ajolangalta toiselle.
<u>Siksak</u>	Ajolangan vaakasuora poikkeama raiteen keskiviivasta (kallistetussa raiteessa kallistetusta keskiviivasta) ajojohtimen kannatuskohdassa.
<u>Sivuunvientijänne</u>	Jänne, jossa ajojohtin siirtyy sivusuunnassa pois virroittintilan kohdalta.
<u>Sivuunvientikenttä</u>	Siirtymäjänneetön kiristyskenttä.

<u>SSR</u>	RATOn osaa 5 edeltänyt Liikenneviraston ohjekokoelma. Sähköistuksen kiinteiden laitteiden suunnittelu ja rakentaminen.
<u>Suljettu kenttä</u>	Kiristyskenttä, jossa on siirtymäjänne mutta ei erotusväliä.
<u>Systeemikorkeus</u>	Kannattimen ja ajolangan välinen pystyetaisyys ajojohtimen kannatuskohdassa.
<u>Syöttöasema (SA)</u>	Kytkeinlaitos, josta syötetään teho sähköradalle.
<u>Syöttöjohdin</u>	Syöttöaseman ja ajojohtimen välinen muu johdin kuin radanylitys- tai liitäntäjohdin.
<u>Syöttöjohto</u>	Syöttöjohdin ja tämän oma paluu- tai vastajohtin.
<u>Syöttömuuntaja eli päämuuntaja (PM)</u>	Syöttöasemalla oleva muuntaja, jolla kantaverkon 110 kV jännite alennetaan sähköradan syöttöjännitteen suuruiseksi (25 kV tai 2x25 kV).
<u>Syöttösäästömuuntaja (SAM)</u>	Muuntaja, jonka ensiö on kytketty 25 kV syöttömuuntajan toisioon, toisio ajojohtimen ja vastajohtimen väliin ja toisio keskipiste paluukiskoon ja jolla 25 kV jännite nostetaan 2x25 kV:iin. Käytetään, kun 25 kV järjestelmän syöttöasemalta syötetään 2x25 kV järjestelmää.
<u>Sähköistysjärjestelmä 25 kV</u>	Suomessa yleisesti käytetty sähköistysjärjestelmä, jossa 25 kV käyttöjännite syötetään ajojohtimen ja paluukiskon väliin.
<u>Sähköistysjärjestelmä 2x25 kV</u>	Sähköistysjärjestelmä, jossa 25 kV käyttöjännite syötetään ajojohtimen ja paluukiskon väliin ja samansuuruinen, mutta vastakkaismerkkinen jännite -25 kV vastajohtimen ja paluukiskon väliin.
<u>Sähkörataohjeet /13/</u>	Liikenneviraston laatimat sähköradalla työskentelyä ja sähköradan käyttötoimintaa koskevat ohjeet.
<u>Säästömuuntaja (AM)</u>	Sähköistysjärjestelmässä 2x25 kV radanvarteen sijoitettu muuntaja, jonka tarkoitus on pakottaa paluuvirta palaamaan vastajohtimessa.
<u>Säästömuuntajallinen sähkörata</u>	Sähköistysjärjestelmällä 2x25 kV sähköistetty sähkörata.
<u>Tavallinen maadoitus</u>	Yhdellä maadoitusjohtimella tehty maadoitus.
<u>T-pylväs</u>	Pylväs, johon on kiinnitetty kääntöorsia vastakkaisille puolille.

<u>Ulokepylväs</u>	Kannatusrakenne, jonka muodostaa jalkana oleva pylväk ja siihen kiinnitetty ulokeorsi.
<u>Vaihteenlämmitys- muuntamo (LM)</u>	Muuntamo, joka muuntaa ajojohtimen jännitteen (25 kV) vaihteen sulanapitojärjestelmään syötettäväksi jännitteeksi.
<u>Varmistettu maadoitus</u>	Vähintään kahdella (sähköiset ja mekaaniset vaatimukset yksinään täyttävällä) maadoitusjohtimella tehty maadoitus.
<u>Vastajohdin</u>	Järjestelmään 2x25 kV kuuluva johdin, jolla on yhtä suuri, mutta vaiheeltaan vastakkainen jännite maata vastaan kuin ajojohtimella.
<u>Vaununlämmitys- muuntamo (LA)</u>	Muuntamo, joka muuntaa ajojohtimen jännitteen (25 kV) vaunujen seisontalämmitykseen sopivaksi suurjännitteeksi (1500 V).
<u>Veto-orsi</u>	Kääntöorsi, jossa ajolangan kulmavoima vaikuttaa kääntöorren kiinnityskohdasta poispäin (tai sen suuruus on nolla).
<u>Virroitin</u>	Osa, jonka kautta sähköveturi tai -juna ottaa ajolangasta tehoa.
<u>Välikytkinasema (VK)</u>	Muu katkaisijoita sisältävä sähköradan kytkinlaitos kuin syöttöasema.
<u>Yksikiskoinen raidevirtapiiri</u>	Raidevirtapiiri eristetyllä raideosuudella, jossa vain toinen kisko on paluukisko.
<u>Y-köysi</u>	Apuköysi, joka parantaa kannattimellisen ajojohtimen joustavuutta kannatuskohdassa.
<u>Yleiskaavio</u>	Ks. pääkaavio.

5.2 Rautateihin sovellettavat määräykset ja ohjeet

5.2.1 Yhteentoimivuuden tekniset eritelvät

Yhteentoimivuudella tarkoitetaan Euroopan laajuisen rautatiejärjestelmän soveltuvuutta junien varmaan, turvalliseen ja keskeytymättömään liikennöintiin sellaisella suoritustasolla, joka näiltä radoilta vaaditaan EU:n direktiiveissä. Direktiivien edellyttämät vaatimukset, joilla mahdollistetaan olennaisten vaatimusten noudattaminen ja varmistetaan Euroopan laajuisen rautatiejärjestelmän yhteentoimivuus, on esitetty Yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä (YTE). YTEjä sovelletaan uusiin, uudistettuihin ja parannettuihin osajärjestelmiin. Sähkörataan liittyvät vaatimukset on esitetty tavanomaisen rautatiejärjestelmän energiaosajärjestelmää koskevassa yhteentoimivuuden teknisessä eritelmässä ENE YTEssä. Myös kohdassa 5.2.2.1 esitettyjä EN standardeja tulee noudattaa ENE YTEssä määritetyssä laajuudessa.

Liikenteen turvallisuusvirasto (TraFi) julkaisee määräykset, joita on noudatettava Suomen rataverkoilla.

5.2.2 Standardit, määräykset ja ohjeet

Sähköasennusten on täytettävä sähköasennusten turvallisuutta koskevat suomalaiset viranomaismääräykset. Olennaiset turvallisuusvaatimukset ja EU:n rautatiedirektiivien vaatimukset täyttyvät toimittaessa standardien ja Liikenneviraston ohjeiden mukaisesti.

- Sähköturvallisuuslaki (410/1996 ja muutokset)
- Sähköturvallisuusasetus (498/1996 ja muutokset)
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 1193/199
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä (516/1996 ja muutokset)
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (517/1996 ja muutokset)
- Trafin julkaisemat rautateitä koskevat määräykset
- SFS-EN 50341-1 Vaihtosähköilmajohdot yli 45 kV jännitteellä.
Osa 1: Yleiset vaatimukset, yhteiset määrittelyt.
- SFS-EN 50341-3-7 Vaihtosähköilmajohdot yli 45 kV jännitteellä Osa 3-7: Suomen kansalliset velvoittavat määrittelyt
- SFS-EN 50423-1 Vaihtosähköilmajohdot yli 1 kV ja korkeintaan 45 kV jännitteellä. Osa 1: Yleiset vaatimukset, yhteiset määrittelyt.
- SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset
- SFS 6001 Suurjänniteasennukset
- SFS 6002 Sähköturvallisuus
- SFS 6003 Pienjänniteilmajohdot

Liikenneviraston viimeisimmät ohjeet on tarkistettava Liikenneviraston internetsivulta osoitteesta <http://www.liikennevirasto.fi/> ohjeluetelo, eikä niistä saa poiketa ilman Liikenneviraston kirjallista lupaa.

5.2.2.1 CENELEC standardit

Seuraavassa on lueteltu rautatiesähköistykseen liittyviä kansainvälisiä EN-standardeja. Ensisijaisesti tulee noudattaa Liikenneviraston ohjeita.

EN 50119	Railway applications. Fixed installations. Electric traction. Overhead contact lines
EN 50121-1	Railway applications. Electromagnetic compatibility. Part 1: General
EN 50121-2	Railway applications. Electromagnetic compatibility. Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world
EN 50121-3-1	Railway applications. Electromagnetic compatibility. Part 3-1: Rolling stock. Train and complete vehicle
EN 50121-3-2	Railway applications. Electromagnetic compatibility. Part 3-2: Rolling stock. Apparatus
EN 50121-4	Railway applications. Electromagnetic compatibility. Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus
EN 50121-5	Railway applications. Electromagnetic compatibility. Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus
EN 50122-1	Railway applications. Fixed installations. Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing
EN50124-1	Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment
EN 50124-2	Railway applications. Insulation coordination. Part 2: Overvoltages and related protection
EN 50125-1	Railway applications. Environmental conditions for equipment. Part 1: Equipment on board rolling stock
EN 50125-2	Railway applications. Environmental conditions for equipment. Part 2: Fixed electrical installations
EN 50125-3	Railway applications. Environmental conditions for equipment. Part 3: Equipment for signalling and telecommunications
EN 50149	Railway applications. Fixed installations. Electric traction. Copper and copper alloy grooved contact wires

EN 50151	Railway applications. Fixed installations. Electric traction. Special requirements for composite insulators
EN 50152-1	Railway applications. Fixed installations. Particular requirements for a.c. switchgear. Part 1: Single-phase circuitbreakers with Un above 1 kV
EN 50163/A1	Railway applications. Supply voltages of traction systems
EN 50163	Railway applications. Supply voltages of traction systems
EN 50206-1	Railway applications. Rolling stock. Pantographs. Characteristics and tests. Part 1: Pantographs for main line vehicles
EN 50206-2	Railway applications. Rolling stock. Pantographs. Characteristics and tests. Part 2: Pantographs for metros and light rail vehicles
EN 50317/A1	Railway applications. Current collection systems. Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line
EN 50317/A2	Railway applications. Current collection systems. Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line
EN 50317	Railway applications. Current collection systems. Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line
EN 50318	Railway applications. Current collection systems. Validation of simulation of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line
EN 50329	Railway applications. Fixed installations. Traction transformers
EN 50345	Railway applications. Fixed installations. Electric traction. Insulating synthetic rope assemblies for support for overhead of contact lines
EN 50367	Railway applications. Current collection systems. Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)

EN 50388	Railway applications. Power supply and rolling stock. Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability
----------	---

EN 50405	Railway applications. Current collection systems. Pantographs, testing methods for carbon contact strips
----------	--

5.2.2.2 *Materiaali- ja laitestandardit*

5.2.2.2.1 Kaapelit, johtimet ja langat

Seuraavassa on listattu standardit, joihin viitataan tässä ohjeessa.

SFS 3713 (1989)	Control cables. PVC-insulated, PVC-sheathed control cables with concentric copper conductor MCMO Ohjauskaapelit. PVC-eristeinen ja PVC-vaippainen ohjauskaapeli konsentrisella kuparijohtimella MCMO
-----------------	---

SFS 3714 (1986)	Control cables. PVC-insulated, PVC-sheathed control cable MMO, MKMO Ohjauskaapelit. PVC-eristeinen ja PVC-vaippainen ohjauskaapeli MMO, MKMO
-----------------	---

SFS EN 13602 (2002)	Kupari ja kupariseokset. Sähköjohtimissa käytettävä vedetty pyöreä kuparilanka
---------------------	--

SFS 5701 (1991)	Bare conductors. Bare conductors and steel wires Avojohtojen johtimet. Avojohtojen johtimet ja teräsköydet
-----------------	---

DIN 40500 Teil 4 (1973)	Kupfer für Elektrotechnik: Drähte aus Kupfer und silberlegiertem Kupfer; Technische Lieferbedingungen
-------------------------	---

DIN 43138 (1980)	Flexible Seile für Fahrleitungsanlagen und Rückleitungen
------------------	--

DIN 48201 Teil 2 (1981)	Leitungsseile. Seile aus Kupfer-Knetlegierungen (Bz)
-------------------------	--

BS 2W.11 (1967)	Preformed corrosion-resisting steel wire rope
-----------------	---

5.2.2.2.2 Liittimet

SFS 2663 (1975)	Construction and testing of connectors for power cables and overhead lines Vahvavirtaliittimien rakenne ja koestus
-----------------	---

5.2.2.2.3 Eristimet

SFS 3741 (1992)	Insulators. Stay insulators Eristimet. Haruseristimet
-----------------	--

5.3 Syöttöjärjestelmät 25 kV ja 2x 25 kV

5.3.1 Liikenteen asettamat vaatimukset

Syöttöjärjestelmä mitoitetaan ennustetun liikenteen suurimman junamäärän mukaan. Mitoituksessa otetaan huomioon junatyypit, junapainot sekä käytetyn vetokaluston ottama teho ja tehokerroin. Liikenteen ottama maksimiteho ja syöttöjärjestelmän virrat ja jännitteet saadaan selville käyttämällä tehtävään soveltuvaa simulointiohjelmistoa. Jos syöttöalueella on samanaikaisesti vain muutama juna, voidaan mitoitus suorittaa vetokaluston maksimitehojen perusteella.

5.3.2 Liikkuvan kaluston asettamat vaatimukset

Ajojohtimen jännitteen nimellisarvon ja vaihteluvälin pitää olla standardin EN 50163 mukainen ja jännitteen laadun pitää täyttää EN 50388 vaatimukset. Junan ottama suurin virta on 500 A. Virroittimen asettamat vaatimukset on esitetty kohdassa 5.6.3.

5.3.3 Syöttöjärjestelmän suunnittelu

Syöttöjärjestelmä suunnitellaan siten, että se on mitoitettu suunnitteluperusteiden mukaiselle liikenteelle ja syöttöasemien teho ja välimatkat valitaan siten, että ratajohdon jännite täyttää kohdan 5.3.2 vaatimukset. Syöttöjärjestelmän tulee täyttää myös Viestintäviraston määräyksen 43 C / 2004 M mukaiset vaatimukset telejohtoihin indusoituneista häiriötasoista ja standardin EN50121-2 mukaiset vaatimukset radioradiotasoista sekä standardin EN50122-1 kosketusjännitevaatimukset.

Sähköistysjärjestelmäksi valitaan joko imumuuntajilla varustettu 25 kV järjestelmä tai säästömuuntajilla varustettu 2x25 kV järjestelmä. Valinta tehdään pääasiassa taloudellisin perustein ottaen huomioon syöttöasemien liittämismahdollisuudet 110 kV verkkoon.

5.3.3.1 Imumuuntajajärjestelmä 25 kV

Imumuuntaja on 25 kV järjestelmässä käytettävä 1:1 virtamuuntaja, jonka ensiö kytketään sarjaan ajojohtimen ja toisio paluujohtimen kanssa. Paluujohtin yhdistetään paluukiskoon imumuuntajavälin puolivälissä. Imumuuntaja pakottaa paluuvirran kulkemaan paluujohtimen kiskoonliitäntäpisteestä (PKL) paluujohtimeen, joten paluuvirran kiskossa kulkema matka on korkeintaan puolet imumuuntajavälin pituudesta.

Imumuuntajien välimatka saa olla korkeintaan 2,6 km. Näin varmistetaan, että kiskopotentiaali ja viestijohtoihin indusoituneet jännitteet jäävät riittävän pieniksi. Perustellusta syystä voidaan Liikenneviraston luvalla käyttää pitempää imumuuntajaväliä.

Joiltakin rataosilta voidaan imumuuntajat jättää pois, kun on todettu paluuvirran aiheuttamien haittojen jäävän vähäisiksi.

Imumuuntajan pitää pystyä imemään kuormitusvirta lähes kokonaan ja suurin osa vikavirrasta. Tekniset ominaisuudet on määritelty tarkemmin imumuuntajan teknisessä eritelmässä.

5.3.3.2 Säuntajajärjestelmä 2x25 kV

Säästömuuntajajärjestelmässä ratajohto varustetaan vastajohtimella ja säästömuuntajalla. Syöttömuuntajan 50 kV toisiokäämi kytketään ajojohtimen ja vastajohtimen väliin ja käämin keskipiste kytketään paluukiskoon. Radalle asennetaan ajojohtimen ja vastajohtimen väliin säästömuuntajat (AM), joiden keskipiste kytketään paluukiskoon. Näin teho siirretään 50 kV jännitteellä ja junat saavat 25 kV jännitteen. Suuremman siirtojännitteen ansiosta järjestelmän tehonsiirtokyky on huomattavasti imumuuntajajärjestelmää parempi ja syöttöasemien välimatka voi olla merkittävästi pitempi.

Suurin osa paluuvirrasta kulkee paluukiskossa ja M-johtimessa lähimmille säästömuuntajille. Säästömuuntajien välimatka saa olla korkeintaan 7 km, jotta kiskopotentiaali ja indusoituneet jännitteet eivät ylitä raja-arvoja. Perustellusta syystä voidaan Liikenneviraston luvalla käyttää pitempää säästömuuntajaväliä.

Säästömuuntajien impedanssi pitää olla mahdollisimman pieni, jotta mahdollisimman suuri osa kuormitusvirrasta kulkisi lähimpien säästömuuntajien kautta ja kauemmas kiskoja pitkin menevä paluuvirta jäisi mahdollisimman pieneksi. Säästömuuntajan tekniset ominaisuudet on määritelty tarkemmin säästömuuntajan teknisessä eritelmässä.

Useimmissa tapauksissa säästömuuntajien asentaminen ja kunnossapito tehdään radalta. Muuntajiin sovelletaan samoja etäisyysvaatimuksia raiteesta kuin ratajohtopylväisiin. Jos muuntajassa tarvitaan paalutettua perustusta, on raiteen stabiiliuden varmistamiseksi muuntajan pienin sallittu etäisyys raiteen keskilinjasta 3,5 m. Säästömuuntajaa ei saa sijoittaa tasoristeysten näkemäalueelle.

Säästömuuntajan kosketussuojauksen on täytettävä sähköturvallisuusvaatimukset ilman ympärille rakennettavaa suoja-aitaa. Muuntajan tulee olla luotettavasti koteloitu eikä sen ulkopuolella saa olla paljaita jännitteisiä osia. Muuntajan ulkorakenteen täytyy kestää ilkeävaaraa. Muuntaja on varustettava katolla tms., joka estää veden pääsyn muuntaja-altaaseen. Muuntaja on liitettävä ajojohtimeen ja vastajohtimeen maa-kaapelilla, esimerkiksi AHXCMK 1x95/50 mm², 26/45 kV.

Muuntajan öljyallas on mitoitettava siten, että siihen mahtuu muuntajan koko öljymäärä ja lisäksi 100 mm vettä.

Yhdyskaapelin ratajohdon puoleiseen päähän on asennettava 25 kV ylijännitesuojat suojaamaan muuntajan A- ja B-napoja.

Vastajohdin on standardin SFS 5701 mukainen Al/Fe 152/25 mm² johdin.

Turvallisuussyistä vastajohdin tulee asentaa radan puolelle pylvästä. Portaaleilla varustetuilla ratapihoilla vastajohdin on asennettava portaaliorian yläpuolelle. Telejohtoihin tms. indusoituvien vaara- ja häiriöjännitteiden pienentämiseksi saattaa olla jossakin tapauksessa tarpeen käyttää toistakin vastajohdinta, joka asennetaan normaalisti pylvään ulkosyrjälle samalle korkeudelle kuin ensimmäinen vastajohdin. Tilan puutteen vuoksi (sillanalitus, kalliioleikkaus tms.) voidaan käyttää toiselle vastajohtimelle muutakin sijoitusta. Toisen vastajohtimen asentamiseen on varauduttava pylväiden ja perustusten mitoituksessa.

5.3.4 Paluuvirtatien suunnittelu

Paluukiskon pitää olla yhteen hitsattu tai lenkitetty kahdella 50 mm² johtimella.

Vaununlämmityspostien alueella molemmat kiskot pitää lenkittää 185 mm² Cu-johtimella tai hitsata yhtenäiseksi.

5.3.4.1 Imumuuntajajärjestelmä 25 kV

Paluujohtin on reaktanssin pienentämiseksi jaettu kahdeksi osajohtimeksi, joiden välimatka on normaalisti 800 mm. Johtimet sijaitsevat yleensä allekkain. Paluujohtimena käytetään standardin SFS 4080 mukaista alumiinijohdinta 107 Al. Kaksi- tai useampiraiteisella radalla voidaan esimerkiksi tilanpuutteen takia kahden johtimen 107 Al sijaan käyttää yhtä SFS 4080 mukaista alumiinijohdinta 201 Al. Tällöin sen rinnalla pitää normaalissa käyttötilanteessa olla toisen raiteen paluujohtin. Paluujohtimet yhdistetään paluukiskoon imumuuntajavälin keskellä PKL:ssä kohdan 5.3.4.4 mukaisesti (liite 39).

5.3.4.2 Säästömuuntajajärjestelmä 2x25 kV

Säästömuuntajajärjestelmässä virta kulkee junasta paluukiskoa pitkin lähimmille säästömuuntajille, joita syöttää ajojohtin-vastajohtin -piiri. Säästömuuntajan keskipiste yhdistetään paluukiskoon kohdan 5.3.4.4 mukaisesti.

5.3.4.3 Poikittaisyhdistykset

Kaksi- tai useampiraiteisella radalla sekä ratapihalla poikittaisyhdistyksillä yhdistetään sähköistettyjen raiteiden paluukiskot.

Paluujohtimen kiskoonliitântäkohdan, imumuuntajan ja ratapihan raiteiden paluukiskojen poikittaisyhdistykset ulotetaan myös sähköistämättömiin raiteisiin (liite 48).

Poikittaisyhdistykset tehdään paluujohtimen kiskoonliitântäkohtaan, imumuuntajan ja säästömuuntajan luona, ratapihan päihin tulovaihteen läheisyyteen, raidevirtapiirittömän osuuden alku- ja loppupäihin sekä muualla joka toisen MKL pylvään kohdalla, enintään 430 m välein (ratapihalla n. 500 m, liite 48).

Raidevirtapiirittömällä raiteella tulee poikittaisyhdistysten kohdalla yhdistää myös raiteen molemmat kiskot toisiinsa. Linjalla tulee a- ja b-kiskot yhdistää jokaisen MKL-pylvään kohdalla.

Kaksikiskoista raidevirtapiiriä käytettäessä tehdään poikittaisyhdistykset paluujohtimen kiskoonliitântäkohtaan, ratapihan päihin tulovaihteen läheisyyteen sekä lisäksi kohtiin, joissa molemmissa raiteissa on enintään 30 m etäisyydellä toisistaan keskipisteellä varustetut impedanssisillat.

Poikittaisyhdistyksen paikkaa valittaessa on otettava huomioon, että poikittaisyhdistys ei saa eristämättömänä joutua sallittua etäisyyttä (5 m) lähemmäksi rataa risteilevää kaapelia tms. (ks. Liikenneviraston julkaisu "B7 Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet").

Kaksi- tai useampiraiteisella radalla tehdään paluukiskoon yhdistetyn syöttöaseman sekä välikytkinaseman kohdalle kaksi poikittaisyhdistystä, mieluummin aseman maa-

doituksen ja paluukiskon välisten äärimmäisten maadoitusjohtimien kohdalle, mutta kaksikiskoista raidevirtapiiriä käytettäessä molemmat poikittaisyhdistykset voidaan liittää samoihin impedanssiltoihin.

Paluujohtimen kiskoonliitäntäkohdan imumuuntajan tienoon ja yksikiskoisen raidevirtapiirin alun poikittaisyhdistykset tehdään sähköistettyjen raiteiden osalta kahdella erillisellä 50 mm² johtimella (vastaa 25 mm² Cu), kun taas muissa poikittaisyhdistyksissä riittää yksi 50 mm² johdin. Poikittaisyhdistysjohtimet upotetaan raiteiden välissä 50...80 cm syvyyteen. Poikittaisyhdistyksen osana saa olla myös portaalin orsi.

Raiteita, jotka erkanevat sähköistetyltä alueelta, käsitellään potentiaalin kannalta kuten sähköistettyjä raiteita. Jos kiskopotentiaali ylittää lyhytaikaisesti ($t < 5$ min) 65 V tai jatkuvasti 50 V, kiskot varustetaan potentiaalin leviämisen estämiseksi eristysjatkoksilla raiteen erkanemiskohdan lähellä.

5.3.4.4 Käyttömaadoitukset

Käyttömaadoittamisella tarkoitetaan virtapiirin osan maadoittamista niin, että käyttövirta voi kulkea maadoituksen kautta. Sähköratajärjestelmään kuuluvia käyttömaadoituksia ovat paluujohtimen kiskoonliitäntä (PKL), 2x25 kV järjestelmän syöttömuuntajan keskipisteen ja säästömuuntajan maadoitus, vaihteenlämmitysmuuntajan, vaununlämmitysmuuntajan ja vaununlämmityspostien maadoitukset sekä välilytkinaseman maadoitus.

Käyttömaadoitusjohtimen (-johtimien) katkaisu voi synnyttää katkeamakohtan päiden välille hengenvaarallisen jännitteen.

Käyttömaadoitusten liityntäpylväät tulee aina yhdistää paluukiskoon kolmella maadoitusjohtimella vaikka pylväällä olisi M-johdin. Näistä kolmesta maadoitusjohtimesta yksi sijoitetaan maan pintaan.

Maadoitus tehdään eri raiteiden paluukiskoon, jos raiteita on useita. Yksiraiteisella linjaosuudella akselinlaskentajärjestelmän alueella pylvään yksi maadoitusjohdin liitetään raiteen kauempana olevaan (b-) kiskoon ja toiset raiteen pylväänpuoleiseen (a-) kiskoon.

Käyttömaadoitukset merkitään maadoitusliittimiin kiinnitettävillä sinisillä metallikivillä, joissa on maadoitusmerkki sekä maadoitettavan pylvään tunnus.

PKL-pylväät merkitään maastossa maalaamalla 0,3 m leveä sininen rengas pylvään ympäri. Maalauksen alareunan korkeus on 2,0 m perustuksen pinnasta.

5.3.5 Pääkaavio

Pääkaavio on sähköradan rakennus- tai muutostyötä varten tehtävä suunnitelmadokumentti, joka esittää työn valmistumishetken tilanteen.

Sähköradan pääkaaviossa esitetään sähköistetyn radan päävirtapiirit, jotka muodostuvat ajojohtimesta, paluujohtimesta, vastajohtimesta ym., sekä sähkörataan liittyvät laitteet mukaan lukien syöttöasemien ja välilytkinasemien pääpiirien laitteet.

Pääkaaviossa esitetään myös "karttakatselmuksen" perusteella valitut alustavat syöttöasemien paikat, erotusjaksot, erotuskentät, ryhmityseristimet sekä sähköiset ryhmät.

Sähkörata jaetaan erotuskenttien ja ryhmityseristimien avulla ryhmiin, jotka voidaan erottaa erottimilla jännitteettömiksi käytön ja kunnossapidon tarpeiden mukaan. Ryhmät suunnitellaan siten, että mille tahansa raiteelle otettu jännitekatko haittaa liikennettä mahdollisimman vähän.

Ryhmityksessä sovelletaan seuraavia periaatteita:

- Liikennepaikat ja linjaraiteet erotetaan yleensä omiksi ryhmikseen.
- Liikennepaikat jaetaan ryhmiin käyttötarpeen mukaan.
- Linjalla ryhmien suurin pituus saa olla pääsääntöisesti noin 10 km.
- Suurilla ratapihoilla ryhmitys suunnitellaan ratapihan toimintojen mukaan niin, että kaikki kunnossapitotyöt voidaan suorittaa liikennettä oleellisesti häiritsemättä.

Ryhmien numerointi:

- Liikennepaikoilla ja ratapihoilla ryhmät numeroidaan juoksevasti.
- Linjalla ryhmänumero on perinteisesti ollut 00. Uusissa hankkeissa pyritään käyttämään juoksevaa numerointia. Yksiraiteisella radalla käytetään vain parittomia numeroita. Kaksiraiteisella radalla toisella raiteella tulee käyttää parillisia ja toisella parittomia numeroita.
- Väliaikaisten, työnaikaisten ryhmien numeroinnissa voidaan käyttää numeroiden lisäksi kirjaimia esim. 01a

Erottimien yksilöinti:

- Erottimet ryhmien välillä tulee yksilöidä viereisten ryhmien numeroiden mukaan siten, että pienempi ryhmänumero tulee ensiksi, esim. E01 09.
- Jos linjalla käytetään ryhmää 00, yksilöidään liikennepaikan pienempien kilometrilukemien puoleisessa päässä olevat erottimet kaksiraiteisella radalla E0001 ja E0002 ja suurempien kilometrilukemien puoleisessa päässä olevat erottimet E0300 ja E0400.
- Syöttöasemien puolivälissä olevan erotusjakson yli olevat erottimet tulee yksilöidä kaksiraiteisella radalla E7000 tai E8000. Yksiraiteisella radalla käytetään yksilöintiä E7000.

5.3.6 Ryhmityskaavio

Ennen uuden sähköradan käyttöönottoa laaditaan pääkaavion pohjalta ryhmityskaavio, jonka sisältö on paluuvirtatien merkintöjä lukuun ottamatta sama kuin yleiskaaviossa. Sähköradan muutostöiden osalta ryhmityskaaviota päivitetään jatkuvasti työn edetessä siten, että ryhmityskaavio kuvaa aina sähköradan todellista tilannetta.

5.4 Syöttöasemasuunnittelu

5.4.1 Pääkaavio

Syöttö- ja välikytkinasemien pääkaaviot laaditaan yleiskaavion pohjalta. Pääkaaviossa esitetään aseman pääpiiri kojeineen sekä suojauksen, ohjauksen ja mittauksen periaate standardien edellyttämässä laajuudessa (liitteet 49 ja 50).

5.4.2 Syöttöasemien yleissuunnittelu

5.4.2.1 Paikan valinta

Syöttöasemien sijainnit ja niiden keskinäiset etäisyydet tulee määritellä suunnitellun liikenteen tarvitseman tehon ja ratajohdossa syntyvän jännitteen aleneman perusteella

Syöttöaseman paikan valinta suoritetaan alustavasti kohdassa "Yleiskaavio" mainitussa karttakatselmuksessa. Paikan valintaan vaikuttavia seikkoja ovat tässä katselmuksessa:

- Syöttöasemat tulee yleensä sijoittaa imumuuntajajärjestelmässä yksiraiteisella radalla 30–35 kilometrin ja kaksiraiteisella radalla 40–45 kilometrin etäisyydelle toisistaan. Säästömuuntajajärjestelmässä syöttöasemien välimatka voi olla noin 90 km. Välikytkinaseman korvaava erotusjakso pyritään sijoittamaan kahden syöttöaseman puoliväliin. Edellä esitetystä periaatteista voidaan kuitenkin poiketa, mikäli siihen on erityistä syytä (risteysasema).
- olemassa oleva 110 kV johto tai mahdollisuus rakentaa 110 kV johto halutulle asemapaikalle
- mahdollisuus rakentaa tieyhteys asemalle
- raiteistosuunnitelmat
- maanomistusolosuhteet
- erotusjakson sijoitusmahdollisuus
- kaavoituksen asettamat vaatimukset

Paikalla suoritettu katselmus tehdään karttakatselmuksessa valituille asemapaikoille. Katselmuksessa arvioidaan alueen soveltuvuus aiottuun tarkoitukseen, määritellään ylitysjohdon tai syöttöpylvään ja erotusjakson paikat, valitaan mahdollisista vaihtoehdoista edullisin jne. Paikan valintaan vaikuttavia seikkoja ovat tällöin:

- rakennustekniset olosuhteet, kuten alueen korkeussuhteet, perustamisolosuhteet, viemäröinti jne.
- maadoitusolosuhteet ja vaatimukset
- maisemalliset näkökohdat
- näkemäalue (RATO 9)

5.4.2.2 *Kytkinlaitoksen sisäinen tilankäyttö*

Kytkinlaitosrakennuksessa varataan tilat mm. seuraaville kojeistoille ja laitteille:

- 25 kV kojeisto,
- omakäyttökeskus,
- tasasähkökeskus,
- ohjaustaulut,
- kaukokäyttökojeisto,
- palosammutuslaitteisto
- kirjoituspöytä ja kaksi tuolia,
- ilmoitustaulu,
- työmaadoitusvälineet,
- varastohyllykkö.

5.4.3 Rakennesuunnittelu

5.4.3.1 *Yleistä*

Rakennukset ja rakenteet suunnitellaan yleisesti käytettyjen standardien, normien, ohjeiden ja määräysten mukaisesti. Lisäksi on noudatettava muita jäljempänä koh-teittain esitettyjä suunnitteluperusteita. Rakennuksille ja rakenteille asetetut raken-nustekniset vaatimukset on esitetty syöttöasemien teknisissä määreissä.

5.4.3.2 *Tekniset vaatimukset*

Rakennerratkaisuissa, materiaalivalinnoissa ym. suunnittelukysymyksissä on otettava huomioon seuraavat seikat:

- rakenteiden lujuus,
- paloturvallisuus,
- pintojen sään- ja kulutuksen kestävyys,
- kojeiden ja laitteiden kiinnitysmahdollisuus,
- kaapelitiet,
- ovien koko ja aukeamissuunta,
- rakennusten sisäpintojen pölyämättömyys,
- lämmön ja kosteudeneristys sekä ilmanvaihto,
- vesikaton kallistussuunta,
- kunnossapitokustannukset.

5.4.3.3 *Muuntajaperustukset ja öljyallas*

Perustukset mitoitetaan kuormituksen ja kentän maaperätutkimusten perusteella.

Teräsbetoniset perustukset voidaan valaa paikalla tai rakentaa elementeistä. Betonin tulee olla laadultaan C35/45-3,P20.

Perustuksen yläpinnan korkeuden maanpinnasta tulee olla vähintään 400 mm. Perus-tuksen sisään, rakennuksen alle jää kaapelointitila, jonka korkeuden tulee olla reu-noilta vähintään 700 mm ja keskeltä vähintään 900 mm. Rakennuksen alla olevan ti-lan tuuletusta varten tehdään perustukseen joka sivulle halkaisijaltaan 125 mm tuule-tusaukko, joka peitetään ritilällä.

Muuntajan perustus rakennetaan siten, että siihen muodostuu öljyallas. Allas rakennetaan vesitiiviistä betonista ja se lämpöeristetään. Elementeistä rakennettu perustus jälkivaletaan käyttöpaikalla yhteen.

Öljyallas peitetään betonikannella, jonka massa jäähdyttää altaaseen valuvan öljyn niin, että sen paloherkkyys pienenee. Kannessa pitää olla sopivasti rakoja, jotta öljy valuu altaaseen.

Altaan tilavuus valitaan siten, että siihen mahtuu 400 mm vettä ja sen lisäksi koko muuntajan öljymäärä. Sadevesi poistetaan siirrettävällä pumpulla.

Veden poistoa varten syöttöasemakentälle on rakennettava pumppauskohdan läheisyyteen poistoputki, joka viemäroidään kentän ulkopuolelle, ja pistorasia pumppua varten.

Altaan reunoille sijoitetaan sekä 110 kV että 25 kV kojetelineitä ja joissakin tapauksissa 110 kV johdon kevytrakenteinen päätepylväs.

5.4.3.4 Ulkokenttä ja kulkutiet

Alueen pintaan tulee sepelikerros pölyämisen estämiseksi ja alueella liikkumisen helpottamiseksi. Rikkaruohojen ja puiden juurtumisen hidastamiseksi asemille laitetaan suodatinkangas pintassepelin alle. Pintavesien poisto alueelta on järjestettävä. Alueen salaojitustarve on riippuvainen maakerrosten vedenläpäisevyydestä. Maarakennustyöt tehdään työselitysten ja piirustusten mukaisesti.

Muuntajan kuljetusreitille asetetaan seuraavat vaatimukset (liite 51):

- Portin leveys on vähintään 6 m.
- Muuntajan kuljetusta varten on varattava riittävän avara reitti kuljetusautolle ja nosturille.
- On varattava tila nosturille, jolla muuntaja siirretään kuljetusalustalta perustukselle,
- Kuljetusväylän kantavuuden on oltava riittävä 50 tonnin syväkuormaustalavetille.

Modulirakennuksen kuljetusta varten on varattava riittävän avara kuljetusreitti perävaunulliselle kuorma-autolle sekä asemalle tilat autolle ja nosturille.

Tarvittavat tieliittymät ja teiden rakennekerrokset on suunniteltava Liikenneviraston antamien ohjeiden mukaisesti.

Ulkokentän hoitokäytävälle asetettavat vaatimukset ovat:

- hoitokäytävän leveys 4 m,
- kaarteiden säteet 5 m.

Liikennejärjestelyjä suunniteltaessa on huomioitava mahdollisuus laajennuksiin.

5.4.4 Sähkösuunnittelu

5.4.4.1 Yleiset sähkötekniset vaatimukset

5.4.4.1.1 Standardit

Sähkötekni-
sten suunnitelmien, kojeiden ja rakenteiden on täytettävä kohdassa 5.2.2 esitettyjen määräysten ja standardien vaatimukset. Lisäksi laitteiden, joille ei ole SFS- tai CENELEC-standardia, on täytettävä kyseistä laitetta koskevan IEC-standardin vaatimukset.

5.4.4.1.2 Nimellis- ja koejännitteet

Taulukko 5.4.1 Nimellis- ja koejännitteet

	110 kV laitteet	25 kV laitteet	Paluujohti- men laitteet
Verkon nimellisjännite	110	25 ¹⁾	
Suurin käyttöjännite normaalitilassa/ kV	123	27,5	
Nimellistaajuus/ Hz	50		
Syöksykoejännite (1,2/50 µs) maata vastaan ja napojen välillä (kestoarvo)/ kV	550	170	45
Syöksykoejännite (1,2/50 µs) erottimen avausvälille (kestoarvo)/ kV	630	200	52
Eristyskoejännite maata vastaa ja 110 kV napojen välillä:			
– sisään asennettaville kojeille (kestoarvo)/ kV		70	
– ulos asennettaville kojeille (sadekestoarvo)/ kV	230	95	15
Eristyskoejännite erottimen avausvälille			
– sisään asennettaville kojeille (kestoarvo)/ kV		95	25
– ulos asennettaville kojeille (sadekestoarvo)/ kV	265	95	25
Eristyskoejännite 2x25 kV järjestelmässä napojen välillä (kestoarvo)/ kV			
– sisään asennettaville kojeille (kestoarvo)/ kV		95	
– ulos asennettaville kojeille (sadekestoarvo)/ kV		95	
– 2x25 kV järjestelmässä syöksykoejännite (1,2/50 µs) napojen välillä (kestoarvo)/ kV		250	

¹⁾ Jännite maata vastaan

Koejännitteet on käsitelty tarkemmin kappaleessa 5.9 ja laitteiden teknisissä eritelmissä.

Taulukko 5.4.2 Laitteilta vaadittavat lämpötilakestävyydet.

Ympäristölämpötila-alue	
– sisään asennettaville kojeille/ °C	-5...+40
– ulos asennettaville kojeille/ °C	-40...+40, Pohjois-Suomessa (*) -50...+40

(*) linjan Oulu–Iisalmi pohjoispuolella

5.4.4.2 Päävirtapiirit

5.4.4.2.1 Sähkötekhninen mitoitus

- 110 kV nimellisvirta: ≥ 630 A,
- 10 vuoden ennusteeseen perustuva 110 kV oikosulkuvirta: yleensä $<31,5$ kA,
- 10 vuoden ennusteeseen perustuva 110 kV maasulkuvirta,
- 25 kV nimellisvirta: 800 A
- 25 kV oikosulkuvirta: 6,3 kA/2 s

5.4.4.2.2 Johtimet ja varusteet

Varsinainen johdinaine on alumiinia tai kuparia. Sinkittyä terästä voidaan käyttää ukkosjohtimina, virtajohtimien tukirakenteina (esim. Fe/Al köydet) sekä maanpäällisinä maadoitusjohtimina varsinkin sähkötilan ulkopuolella.

110 kV kokoojakiskostoissa käytetään molemmista päistä nivellettyä $\varnothing 100/88$ mm putkikiskoa 2 m vaihevälillä ja 11 m jänteellä. Se kestää dynaamisesti 31,5 kA x 2,5 oikosulkuvirran aiheuttamat rasitukset.

Lyhyet 110 kV kytkinlaitoksen ja 25 kV ulkokytke-laitoksen kojeiden väliset johdotukset ja liitännäisjohdotukset (ns. jompit) tulee tehdä taipuisista johtimista.

25 kV syöttöjohdossa tai muussa 15 m pidemmässä 25 kV asemajohdossa ovat köysi-johtimien vähimmäisetäisyydet toisistaan ja paluujohtimesta 1,25 m ja paluujohtimien etäisyydet toisistaan vähintään 0,6 m.

5.4.4.2.3 Kaapelit

Imumuuntajajärjestelmässä päämuuntajan a-napa liitetään 25 kV kytkinlaitokseen kaapelilla. Kun päämuuntajan teho on 7,5 MVA, käytetään 300 mm² Al+50 mm² Cu, 26/45 kV kaapelia ja 12,5 MVA muuntajalla käytetään 2x(300 mm² Al+50 mm² Cu), 26/45 kV kaapelia. Päämuuntajan x-napa liitetään paluujohtimen kiskoonliitännäspisteeseen (PKL) 2x(300 mm² Al+50 mm² Cu), 3 kV kaapelilla. 25 kV kytkinlaitoksen katkaisijälähdöt liitetään ratajohtoon yhdellä tai kahdella 300 mm² Al+50 mm² Cu, 26/45 kV kaapelilla.

Säästömuuntajajärjestelmässä 12,5 MVA päämuuntajan a-napa ja b-napa liitetään 2x25 kV kytkinlaitokseen yhdellä 300 mm² Al+50 mm² Cu, 26/45 kV kaapelilla ja käämin keskipiste (navat n1 ja n2 yhdessä) paluukiskoon yhdellä 300 mm² Al+50 mm² Cu, 3 kV kaapelilla. 2x25 kV kytkinlaitoksen katkaisijälähdöt liitetään ajojohtimeen ja vastajohtimeen yhdellä 300 mm² Al+50 mm² Cu, 26/45 kV kaapelilla.

Liityntä rataan voidaan tehdä myös avojohdolla esim. muutostöiden yhteydessä.

5.4.4.2.4 Liittimet

Kahden johtimen sekä johtimen ja kojeen välisen liittimen on vastattava mekaaniselta lujuudeltaan ja sähkönjohto-ominaisuuksiltaan ko. johdinta.

Liitinrunko ja puristuskannet ovat epämagneettisia ja pultit aluslevyineen ruostumattomia. Sinkittyjä jousialuslevyjä ei saa käyttää. Liitettäessä yhteen erimetallisia johdinosia käytetään korroosion välttämiseksi tarvittaessa siirtymäliittimiä (esim. välillä alumiini-kupari ja kupari-sinkki). Liittimissä ei saa esiintyä näkyvää eikä kuuluvaa koronaa.

5.4.4.3 Kojeet ja kojeistot

Laitteiden tulee täyttää kohdan 5.4.4.1 vaatimukset. Käytettävistä laitteista pyydetään valmistajalta standardien edellyttämät ja teknisissä eritelmissä vaaditut tiedot.

Kojeille suoritetaan standardien edellyttämät ja teknisissä eritelmissä määriteltyt laji- ja kappalekokeet valmistajan toimesta. Lajikokeet eivät saa ilman rakennuttajan suostumusta olla viittä vuotta vanhempia.

Kojeiden ja kojeistojen yksityiskohtaiset tekniset vaatimukset on esitetty syöttöaseman teknisissä määreissä.

5.4.4.4 Maadoitukset

Syöttöasemalla kosketusjännite ei saa ylittää standardin SFS 6001 kuvassa 9.1 annettuja sallitun kosketusjännitteen U_{Tp} tai lisäresistansseja käytettäessä U_{STp} raja-arvoja. Sallittujen arvojen katsotaan toteutuvan, jos:

- mittauksilla määritetty maadoitusjännite ei ole suurempi kuin kuvan 9.1 mukaisen sallitun kosketusjännitteen U_{Tp} arvo kaksinkertaisena tai
- kuvan 9.1 kosketusjännitteiden U_{Tp} toteutuminen on osoitettu mittaamalla

Jos sallittuja kosketusjännitteen arvoja ei saavuteta, voidaan toteuttaa liitteessä D kuvatut erityistoimenpiteet.

Syöttöaseman maadoitusjännite määritetään voltti-ampeerimenetelmällä.

Syöttöaseman yläjännitepuolen maasulussa syntyvä maasulkujännite esiintyy myös radalla syöttöaseman läheisyydessä, joten mittauksilla pitää varmistua, että kosketusjänniterajoja ei ylitetä.

Pienjänniteverkon PEN-johdin voidaan yhdistää sähköradan maadoitusjärjestelmään, jos kiskopotentialista aiheutuva kosketusjännite ei yhdistämisen jälkeen ylitä 50 V raja-arvoa ja sähköradan paluuvirta ei vahingoita PEN-johdinta (EN50122-1).

Syöttöaseman ulkopuolelle menevien johtavien rakenteiden, kuten kaapeleiden tai eristettyjen metalliputkien aiheuttamat vaaralliset kosketusjännitteet tulee estää standardissa SFS 6001 esitetyillä keinoilla.

Syöttöaseman ympäristössä sijaitsevaan puhelinverkon kaapeliin tai maadoitukseen siirtyvä jännite saa olla enintään 650 V.

Syöttöaseman ja radan maadoitukset yhdistetään keskenään aina, mikäli em. jännitevaatimukset pystytään hoitamaan yhdistämisen seurauksena oleellisesti laajentuneessa potentiaalikentässä. Yhdistäminen suoritetaan kolmella johtavuudeltaan vähintään 25 mm² kuparijohdinta vastaavalla johtimella, jotka eristetään aseman maadoitusalueella. Liitännät tehdään siten, että ne voidaan helposti avata kaikki joko radan tai kaikki aseman puoleisessa päässä mittauksia varten.

Syöttöaseman maadoitusruudukko tehdään 25 Cu johtimesta, ellei maasulkuvirta tai oikosulkuvirta yksinapaisten kojetelineiden välillä edellytä käyttämään em. suurempia poikkipintoja. Ruudukon vähimmäissyvyys (irtomaassa) on 75 cm. Rakennuksen, muuntajan ja pylväiden perustusten alle sekä muutamiin paaluihin (mikäli paaluttamaan joudutaan) sijoitetaan rakennustöiden yhteydessä Cu 25 elektrodeja.

Myös 110 kV johtoaukeille ja radan varteen voidaan sijoittaa lisäelektrodeja poikkipinnaltaan vähintään 25 Cu.

Jos vaihejohdin katketessaan voi sinkoutua huonosti sähköä johtavaan rakenteeseen (rakennuksen katolle) tai rakenteeseen, jonka maasta eristetyt osat (betoniteräket) voivat siirtää vaarajännitteen maasta eristämättömältä hoitotasolta tai maasta kosketeltaviin paikkoihin, asennetaan tällaisten rakenteiden päälle maasulkuvirtakestoisen maadoitus varmistamaan vian nopea laukaisu.

Välilytkinaseman maadoitusimpedanssille ei aseteta vaatimusta, koska maadoitus aina yhdistetään radan maadoitukseen, joka on avoradalla määräävä. Yhdistäminen suoritetaan vähintään kahdella 25 Cu johtimella. Rakennuksen ja pylväasperustusten alle sijoitetaan kuitenkin 25 Cu elektrodeja.

Maadoituselektrodeihin ja niistä lähteviin maadoitusjohtimiin jätetään löysää (Z mutkia) maan liikkumisen seurauksena olevan johtimen katkeamisvaaran vuoksi. Maadoitukset tehdään siten, että niiden kunto voidaan mitata määräaikaistarkastuksissa.

5.4.5 Apuvirtapiirit ja sähköasennukset

Apuvirtapiireillä tarkoitetaan laitoksen toiminnalle, valvonnalle ja yleiselle turvallisuudelle välttämättömiä ohjaus-, suojaus-, mittaus-, merkinanto- ja hälytyslaitteita sekä näiden apujännitejärjestelmiä.

Apuvirtapiirien sähköasennusten yksityiskohtaiset tekniset vaatimukset on esitetty syöttöaseman teknisissä määreissä.

5.5 Ratajohdon rakenne

5.5.1 Ratajohdon määrittely

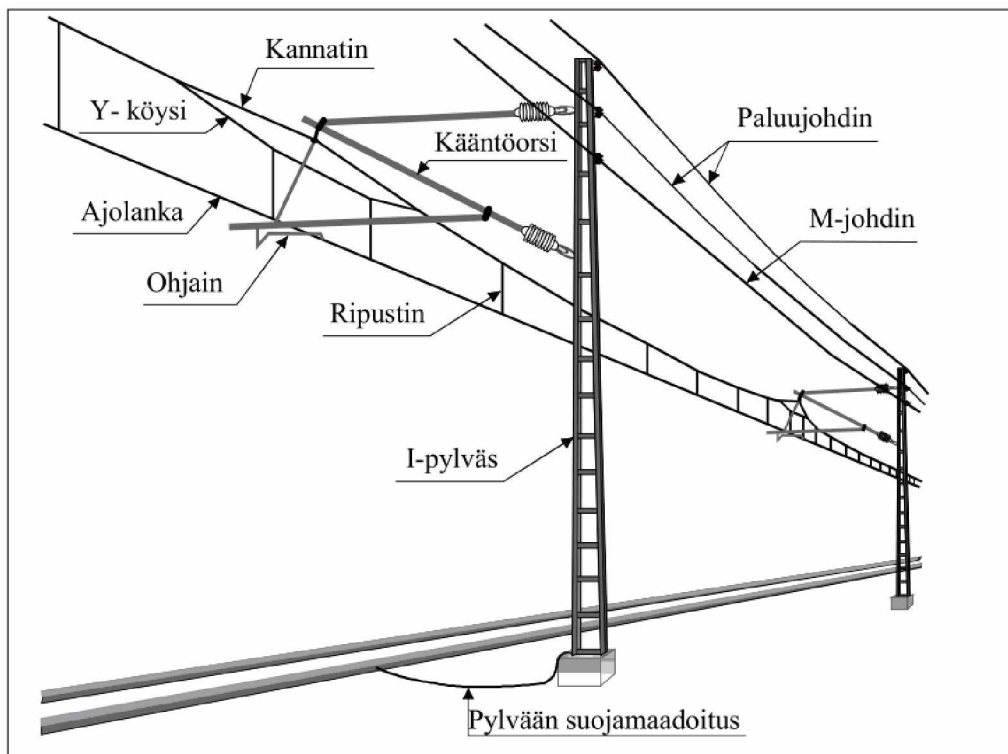
Ratajohto on ajojohtimen ja mahdollisen paluujohtimen tai vastajohtimen sekä kannatusrakenteiden ja varusteiden muodostama järjestelmä.

Ajojohdin on ratajohdon osa, joka on määritelty alla yhteentoimivuuden teknisiä eritelmiä mukaillen.

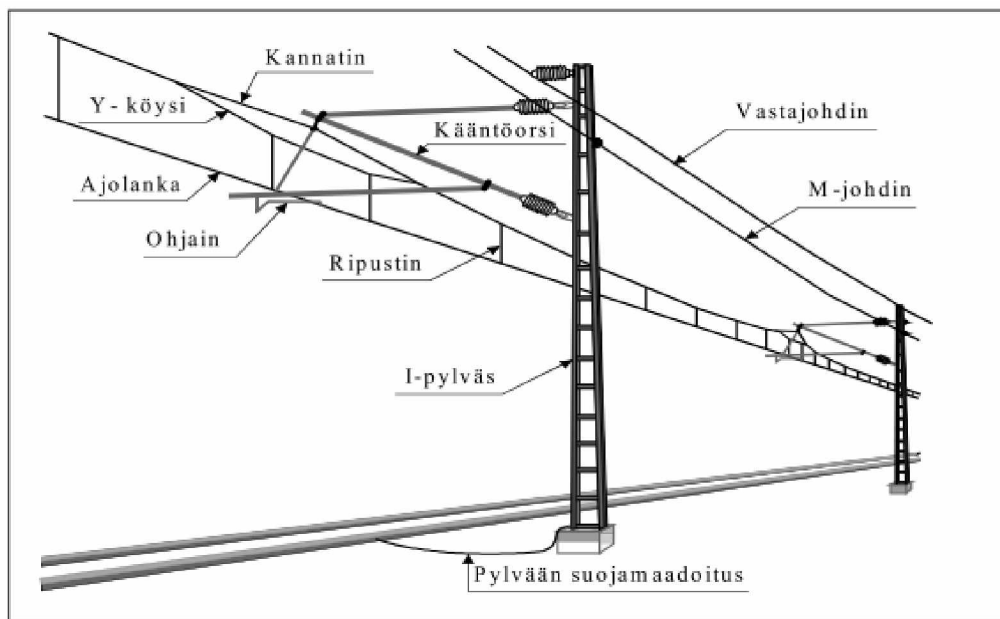
Ajojohdin koostuu radan yläpuolelle ripustetusta ajolangasta ja kannattimesta, sekä niihin kuuluvista yhdistävistä liitännöistä, potentiaali- ja virtaliittimistä, eristimistä ja muista varusteista, mukaan lukien syöttö- ja ohitusjohtimien liittynät ajojohtimeen ja ajolangan dynamiikkaan merkittävästi vaikuttava kääntöorren ohjain. Ajojohdin on asennettu liikkuvan kaluston ulottuman ylärajan yläpuolelle, ja se syöttää kalustoon sähkövirtaa virroittimien välityksellä.

Kannatusosat, kuten kääntöorret (paitsi ohjain), pylväät, portaalit ja perustukset sekä muut johtimet ja varusteet, kuten paluujohtimet, muuntoasemien syöttöjohdot, kytkinlaitteet ja muut eristimet, eivät ole osa yhteentoimivuuden osatekijänä olevaa ajojohdinta.

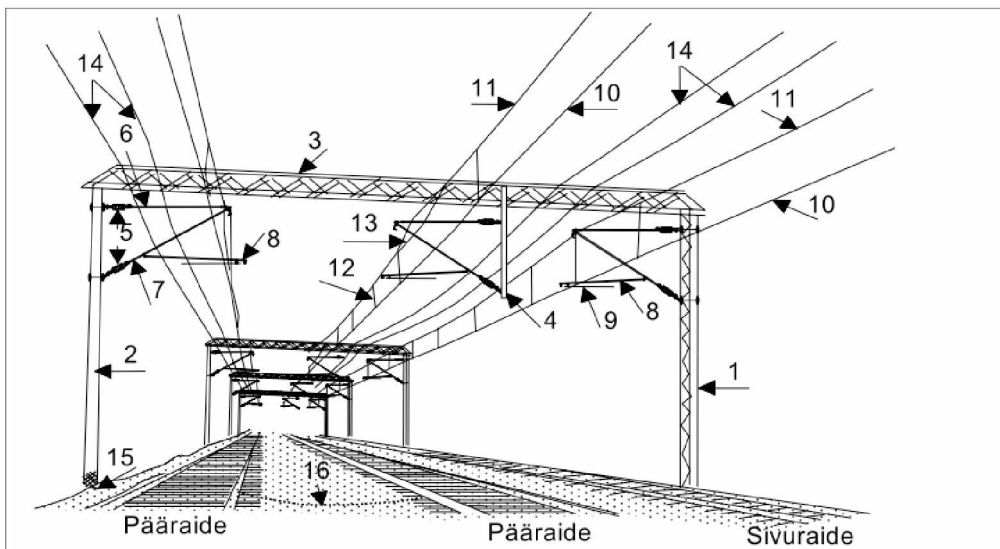
Kuvissa 5.5.1, 5.5.2 ja 5.5.3 on esitetty ratajohtorakenteet erilaisilla sähköistysjärjestelmillä avoradalla ja ratapihalla (vain järjestelmä 25 kV).



Kuva 5.5.1 Ratajohto avoradalla, järjestelmä 25 kV



Kuva 5.5.2 Ratajohto avoradalla, järjestelmä 2x25 kV



1. Pylvään numero
2. Portaalin jalka
3. Portaalin orsi
4. Ripustusorsi
5. Eristin
6. Ylätuki
7. Vinotuki
8. Sivutuki
9. Ohjain

5.-9.= Kääntöorsi 10.-13.= Ajojohdin

10. Ajolanka
11. Kannatin
12. Ripustin
13. Y-köysi
14. Paluujohdin
15. Pylvään maadoitus
16. Poikittaisyhdistys

Kuva 5.5.3 Ratajohto ratapihalla, järjestelmä 25 kV

5.5.2 Suomessa käytetyt ratajohtotyypit

Alla listatut Suomessa käytettävät ratajohtotyypit poikkeavat toisistaan lähinnä käytetyn kiristystavan ja -voiman sekä y-köyden pituuden osalta.

Yksityiskohtaiset tiedot eri ratajohtotyypeistä löytyvät kunkin ratajohtotyyppin omista suunnittelu- ja viimeistelyohjeista.

Suomessa käytettävät yleisimmät ratajohtotyypit:

- SR70
- (SR70 parannettuna nopeudelle 200 km/h)
- SR65
- S71
- SR160
- SR220
- VRR220
- RT220
- Y-köydetön

Yllä olevan listan ajojohtimissa on kannatin(köysi), johon ajolanka on ripustettu. Esimerkiksi tunneleissa voidaan käyttää myös ns. kiintoajojohtinta, joka muodostuu esim. alumiinikiskosta ja siihen kiinnitetystä ajolangasta. Kiintoajojohtin tulee suunnitella kohdan 5.6 mukaisesti. Kiintoajojohtimen asennuksen toleranssit tulee määrittää käytettävän kiintoajojohtimen tyyppin mukaisesti siten, että kiintoajojohtin täyttää virranoton laadun osalta ajojohtimelle asetetut vaatimukset.

5.6 Ratajohdolle asetettavat vaatimukset

5.6.1 Sähköiset vaatimukset

Sähköiset vaatimukset on esitetty tarkemmin kohdassa 5.9.

5.6.2 Radan ja sen rakenteiden asettamat vaatimukset

5.6.2.1 Aukean tilan ulottuma

Ratajohdon suunnittelussa ja rakentamisessa on noudatettava Liikenneviraston julkaisun RATO:n osa 2 kohdan "Aukean tilan ulottuma" (ATU) määräyksiä alla esitetyn täsmennyksin:

Ratajohtopylväiden pylväsetäisyys

Pylväsetäisyydellä tarkoitetaan ratajohtopylvään etureunan etäisyyttä raiteen keskilinjan kautta asetetusta pystysuorasta tasosta. Pylväsetäisyyden tulee olla uusille pylväille 3,10 m. Olemassa oleville pylväille voidaan käyttää pääraiteella pylväsetäisyyttä 2,75 m ja sivuraiteilla 2,50 m suurkuljetusraiteita lukuun ottamatta. Pienempiin pylväsetäisyyksiin tarvitaan aina Liikenneviraston lupa. Pylväsetäisyys mitataan suoralla avoradalla kiskonselän tasossa ja suoralla laiturialueella laiturin tasossa. Mikäli perustuksen yläpinnan korkeus on suurempi kuin viereisen raiteen kiskonselän korkeus + 25 cm, mitataan pylväsetäisyys perustuksen etureunasta. Kaarteissa ja vaihdealueilla pylväsetäisyyteen lisättävä vaihde- ja kaarrelevitys lasketaan 3,20 m korkeudella kiskonselästä.

Taulukossa 5.6.1 on esitetty suositeltavat pylväsetäisyydet pää- ja sivuraiteilla erisäteisissä kaarteissa.

Väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti. Siirtyminen suoran raiteen pylväsetäisyydestä kaarteeseen pylväsetäisyyteen tapahtuu suoraviivaisesti alkaen 17 m ennen siirtymäkaaren alkua ja päättyen siirtymäkaaren ja ympyräkaaren rajapisteessä sekä siirtymäkaarettomissa kaarteissa 17 m matkalla ennen kaarteiden alkua.

Pylvään nimellisetäisyyttä määritettäessä taulukosta 5.6.1 saatavat arvot voidaan pyöristää ylöspäin täyteen 10 cm:iin (esim. taulukosta 5.6.1 saatava arvo 3130 mm korotetaan 3200 mm:ksi). Kallistamattoman raiteen osalla pylväsetäisyys korotetaan seuraavaksi täydeksi 10 cm:ksi, mikäli kaarteiden säde on pienempi kuin 5000 m.

Vaihteiden läheisyyteen sijoitettavien pylväiden pylväsetäisyyttä määritettäessä tulee vaihdelevitykseen lisätä mahdollinen vaihteen kallistuksesta aiheutuva lisälevitys.

Suurkuljetusraiteita ovat pääraiteet ja ratapihojen erikseen määritettävät suurkuljetusraiteet. Näiden raiteiden ja niiden välisten vaihdeyhteyksien pylväsetäisyytenä käytetään taulukon 5.6.1 pääraiteen mukaisia raiteen pylväsetäisyyksiä (3100 mm + ATU:n mukainen kaarrelevitys).

Taulukko 5.6.1. Ratajohtopylväiden miniminimellisetäisyydet raiteen keskilinjasta kaarteissa

Kaarteen säde (m)	Pääraide		Sivuraide	
	Sisäkaarre (mm)	Ulko- kaarre (mm)	Sisäkaarteessa kallistamattomassa raiteessa sekä ulkokaarteessa kallistamattomassa ja kallistetussa raiteessa (mm)	
			Normaali *	Poikkeuksellinen minimi *
180	3650	3300	3300	2700
200	3630	3280	3280	2680
250	3590	3250	3250	2650
300	3570	3220	3220	2620
400	3590	3190	3190	2590
500	3570	3180	3180	2580
600	3560	3160	3160	2560
700	3550	3160	3160	2560
800	3550	3150	3150	2550
900	3540	3140	3140	2540
1000	3500	3140	3140	2540
1100	3480	3140	3130	2540
1200	3440	3130	3130	2530
1300	3440	3130	3130	2530
1400	3410	3130	3130	2530
1500	3410	3130	3130	2530
1600	3400	3130	3130	2530
1700	3370	3130	3130	2530
1800	3370	3120	3120	2520
1900	3370	3120	3120	2520
2000	3350	3120	3120	2520
2500	3320	3120	3120	2520
3000	3310	3120	3120	2520
3500	3230	3120	3120	2520
4000	3220	3110	3110	2510
5000	3160	3110	3110	2510
7000	3240	3110	3110	2510
10000	3200	3110	3110	2510
Suora rata	3100	3100	3100	2500

*asennustoleranssi ja pylvään puolileveys lisätään perustuksen keskipisteen mittoihin

Taulukon 5.6.1 sarakkeen 3 mukaisia pylväsetäisyyksiä käytetään suurkuljetus-raiteeksi ilmoitettujen kallistamattomien sivuraiteiden minimipylväsetäisyyksien määrittämiseen sisä- ja ulkokaarteissa. Kallistetun sivuraiteen sisäpuolella huomioi-daan kallistuksen vaikutus pylväsetäisyyteen siten, että vastaavansäteisen kallista-mattoman raiteen pylväsetäisyyteen lisätään suunnitelman (profiili, mittapiirustus) mukainen raiteen kallistuksen arvo kolminkertaisena.

Pylväsetäisyys on 3100 mm myös ratapihalla, joka ei sijaitse kaarteissa.

Perustuksen keskipisteen etäisyyttä raiteesta määritettäessä lisätään taulukon 5.6.1 etäisyyksiin pylvään puolileveyden lisäksi myös perustuksen työtoleranssi raidetta vastaan kohtisuorassa suunnassa (30 mm) raiteen sivuttaisaseman toleranssi (50 mm).

Pylvään etureunaa lähempänä olevien korkeudella 0...4250 mm kiskonselästä sijaitsevien rakenteiden kuten kiristyspainojen ja erottimien ohjainkoteloiden minimi-etäisyys pää- ja suurkuljetusraiteista on 2750 mm + ATUn mukainen kaarrelevitys sekä sivuraiteesta 2500 mm + ATUn mukainen kaarrelevitys.

Ratajohtopylväiden sijoittamista henkilölaitureille on vältettävä. Tämä koskee erityisesti kiristyspylväitä. Pylväitä ei saa sijoittaa kuormausalueelle. Kuormausalueet on merkitty ratapihakaavioihin. Pylväitä tukevia haruksia ei sallita laitureilla.

Pylvään vähimmäisetäisyys laitureiden vaara-alueen ulkoreunasta on 2500 mm.

Sijoitettaessa ratajohtopylväitä henkilölaitureille on pylvään nimellisetäisyyden oltava vähintään taulukon 5.6.2 mukainen (etäisyydet koskevat ainoastaan reunalaitureita, muuten RATO 16 mukaisesti).

Taulukko 5.6.2 Pylväsetäisyys raiteen keskiviivasta raiteen nopeuden funktiona reunalaitureilla.

Raiteen suurin nopeus (km/h)	0–60	61–120	>120
Pylväsetäisyys raiteen keskiviivasta (m)	4,8	5,3	5,8

Pylvään sijaintia ja korkeutta sekä perustuksen korkeutta määriteltäessä on otettava huomioon laiturin reunan etäisyys 1,80 m ja laiturin korkeus 0,55 m.

Imumuuntajapylväisiin sovelletaan taulukon 5.6.1 mukaisia pääraiteen pylväsetäisyyksiä. Jos imumuuntajapylväässä ei ole ajojohtimen kääntöorsia tms. kiinnitysosia, tulee sen pylväsetäisyyden olla vähintään 3,5 m.

5.6.2.2 Raiteen asento ja asema

Ratajohtorakenteet on suunniteltava siten, että raiteen asennossa ja asemassa sähköistystöiden jälkeen tapahtuvista muutoksista aiheutuvat säädöt ja muutokset ratajohtorakenteissa voidaan tehdä mahdollisimman helposti.

Raiteen asennossa ja asemassa tapahtuvien muutosten sekä kannatusrakenteen mahdollisen liikkumisen varalta kääntöorret tulee suunnitella siten, että ajolankaa voidaan siirtää kääntöorsia säätämällä vaakatasossa vähintään 90 mm sen teoreettisen aseman molemmin puolin.

Raiteen korkeusaseman muutosta (teoreettiseen asemaan nähden) vastaavat ajolangan korkeuden muutokset, avoradalla +250...-150 mm ja ratapihoilla +150...0 mm, on voitava toteuttaa kääntöortta säätämällä tai kääntöorren kiinnittimien korkeutta muuttamalla.

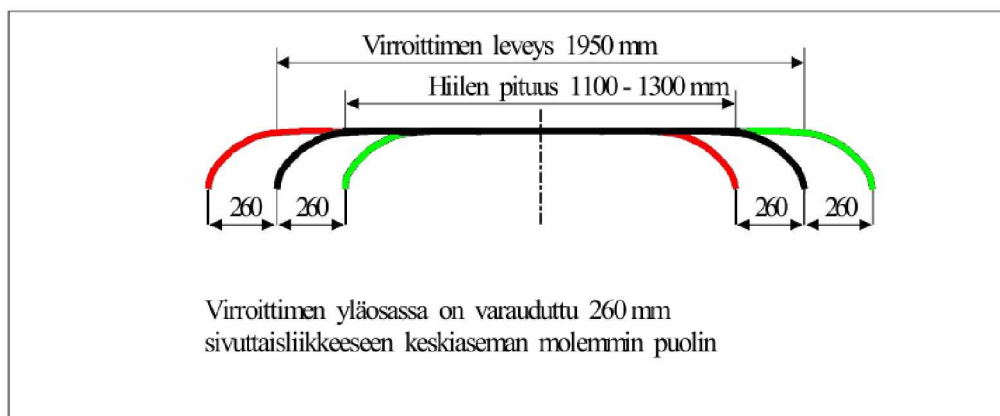
5.6.2.3 Turvalaitteet

Turvalaitteiden ja ratajohtorakenteiden ja -laitteiden suunnittelu ja rakentaminen tulee sovittaa yhteen. Opastimet tulee sijoittaa ja ratajohto kannatusrakenteineen suunnitella siten että:

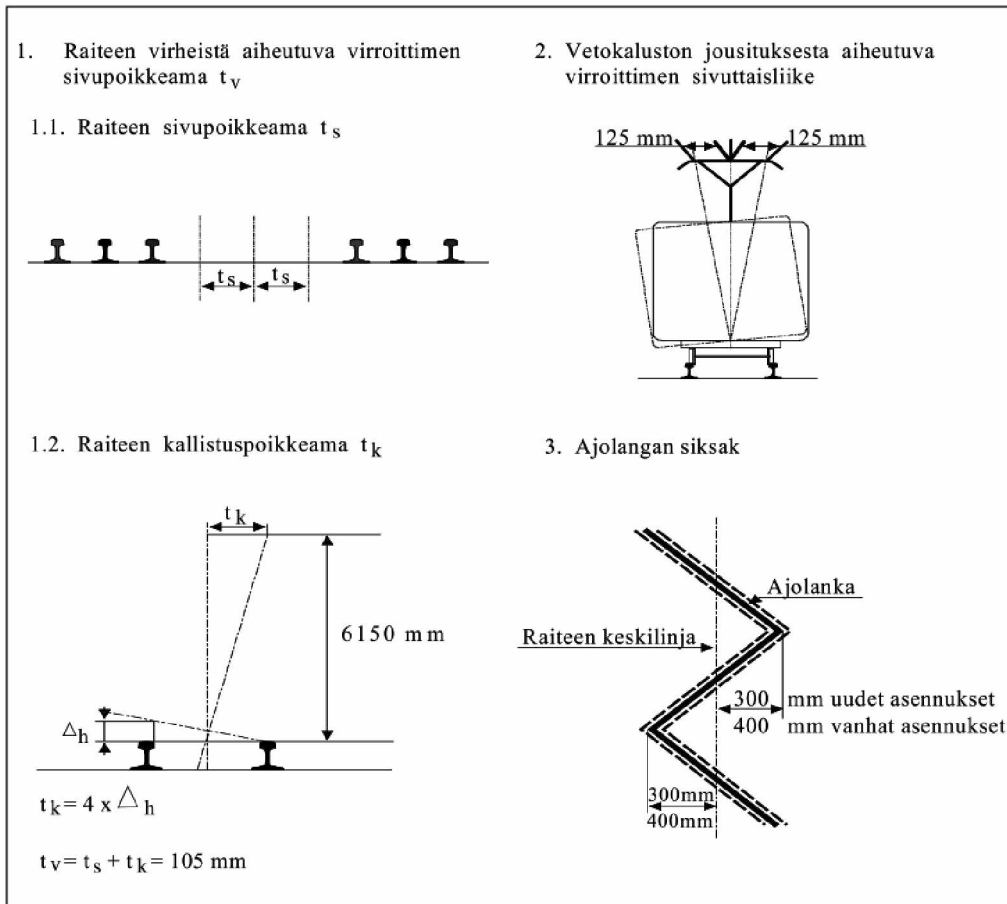
- Ratajohdon kannatusrakenteet aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa opastimien näkyvyydelle.
- Ratajohdon jännitteisistä osista tulee olla riittävät suojaetäisyydet opastimiin tai opastimet tulee suojata asianmukaisesti (ks. kohta 5.9).
- Erotusjaksoa ei saa sijoittaa opastimen eteen alueelle, jolle sähkömoottorijunan tai -veturin jokin virroitin osuu sen joutuessa pysähtymään opastimelle. Myös imumuuntajat tulee sijoittaa tämän periaatteen mukaan. Toisaalta erotusjakson tulee olla riittävän etäällä opastimen takana, jotta opastimelle pysähtynyt sähköjuna tai -veturi ehtii saavuttamaan erotusjaksoalueen ohittamiseen rullaamalla tarvittavan nopeuden (ks. kohta 5.7 ja RATO 6).
- Ratajohdon paluuvirtatien ja tarvittavien suojamaadoitusten kiskoon liitännät tulee toteuttaa turvalaitosten raidevirtapiirien edellyttämällä tavalla (ks. kohdat 5.3.4 ja 5.9.4).

5.6.3 Liikkuvan kaluston ja raiteen aseman asettamat vaatimukset

Virroittimen kelkan profiili on määrätty yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä ja sen leveys on 1950 mm. Kuvassa 5.6.1 on esitetty sähkövetureiden ja -junien virroittimen kontaktiosan (kelkan) 260 mm sivuttaisliikkeen vaikutus ajolangan asemaan. Kuvassa 5.6.2 on kuvattu virroittimen sivuttaisliikkeen mitoitusperusteita. Raiteen sivu- ja kallistuspoikkeamalle on varattu yhteensä ± 105 mm. (ks. kuva 5.6.2). Veto-kaluston jousituksesta aiheutuva virroittimen sivuttaispoikkeama on 125 mm. Kuvassa on esitetty myös ajolangan siksakin vaihtoehdot 300 mm (uudet asennukset) ja 400 mm (vanhat asennukset).



Kuva 5.6.1 Virroittimen yläosan sivuttaisliike suhteessa raiteen keskilinjaan



Kuva 5.6.2 Virroittimen yläosan sivuttaisliikkeen mitoitusperusteita ja ajolangan siksak

5.6.4 Ratajohdon asema

Tavoitteena on määrätä ratajohdon asema niin, että se täyttää liikkuvan kaluston asettamat vaatimukset. Erilaisten radalla olevien kohteiden - kuten opastimien, tasoristeysten, laitureiden, ylikulkusiltojen yms. - vaikutus esitetään tarkemmin kohdassa 5.9.

5.6.4.1 Ratajohtopylvään ja siihen kiinnitettävien varusteiden asema

Pylvään ja siihen kiinnitettävien varusteiden sijoituksessa on otettava huomioon "Aukean tilan ulottuma" eli ATU ja erilliset pylväsetäisyyttä koskevat täsmennykset (ks. kohta 5.6.2.1).

5.6.4.2 Ajojohtimen asema

Ajojohtimen aseman on täytettävä liikkuvan kaluston asettamat vaatimukset.

5.6.4.2.1 Ajojohtimen asema sivuttaissuunnassa

Ajettavan ajojohtimen kulku on järjestettävä siten, että ajolanka myös tuulikuormalla (ks. kohta 5.7.3.1.3) pysyy virroittimen päällä. Suunnitteluvarvona ajolangan sallitulle maksimipoikkeamalle raiteen keskiviivasta tulee käyttää arvoa 36 cm. Kääntöorren kohdalla ajolangan poikkeama raiteen keskiviivasta (ns. siksak) on normaalisti ± 30 cm tai itseisarvoltaan pienempi. Vanhoilla asennuksilla, joissa siksak on 40 cm, voi-

daan käyttää arvoa 46 cm. Tästä ei tarvitse vähentää pylvään muuttuvaa taipumaa, joka on rajoitettu 13 cm:iin lähinnä ajojohtimen aseman takia, mutta mittaa ei tule pidentää, vaikka pylvään muuttuva taipuma jäisikin alle sallitun.

5.6.4.2.2 Ajojohtimen korkeus

Ajolangan pienin sallittu korkeus kiskotasosta on kuormaulottuman perusteella 560 cm. Toisaalta virroittimen ulottuvuus rajoittaa suurimman sallitun korkeuden 660 cm:iin kiskotasosta (ks. kuva 5.6.3). Ajolangan korkeuden nimellisarvoksi ajojohtimen kannatuspisteen kohdalla on mikäli mahdollista valittava 615 cm, (A-köydellisessä ajojohtimessa kuitenkin 630 cm).

Sillan alituksessa voidaan ajolankaa joutua laskemaan, jotta kohdassa 5.9 esitetyt sähköiset etäisyydet siltaan saataisiin täytetyksi. Erityisesti tällöin on ajolangan korkeudessa otettava huomioon jääkuorman vaikutus. Kuitenkin sillan rakennusaikana saadaan jääkuorma jättää ottamatta huomioon, edellyttäen että huolehditaan mahdollisen jääkuorman poistamisesta.

Uusia ylikulkusiltoja rakennettaessa sillan vaadittu alituskorkeus määräytyy radan maksiminopeuden mukaan. Alla on listattu silloilta vaadittavat alituskorkeudet kiskonselästä mitattuna radalle määritellyn nopeuden mukaan. Ohjeellisista arvoista voidaan poiketa Liikenneviraston luvalla, mikäli ajojohdin on mahdollista tuoda matalammalle sillan kohdalla.

Nopeus:	Sillan minimikorkeus kiskonselästä
< 160 km/h	6,75 m
160-220 km/h	7,0 m
> 220 km/h	8,0 m

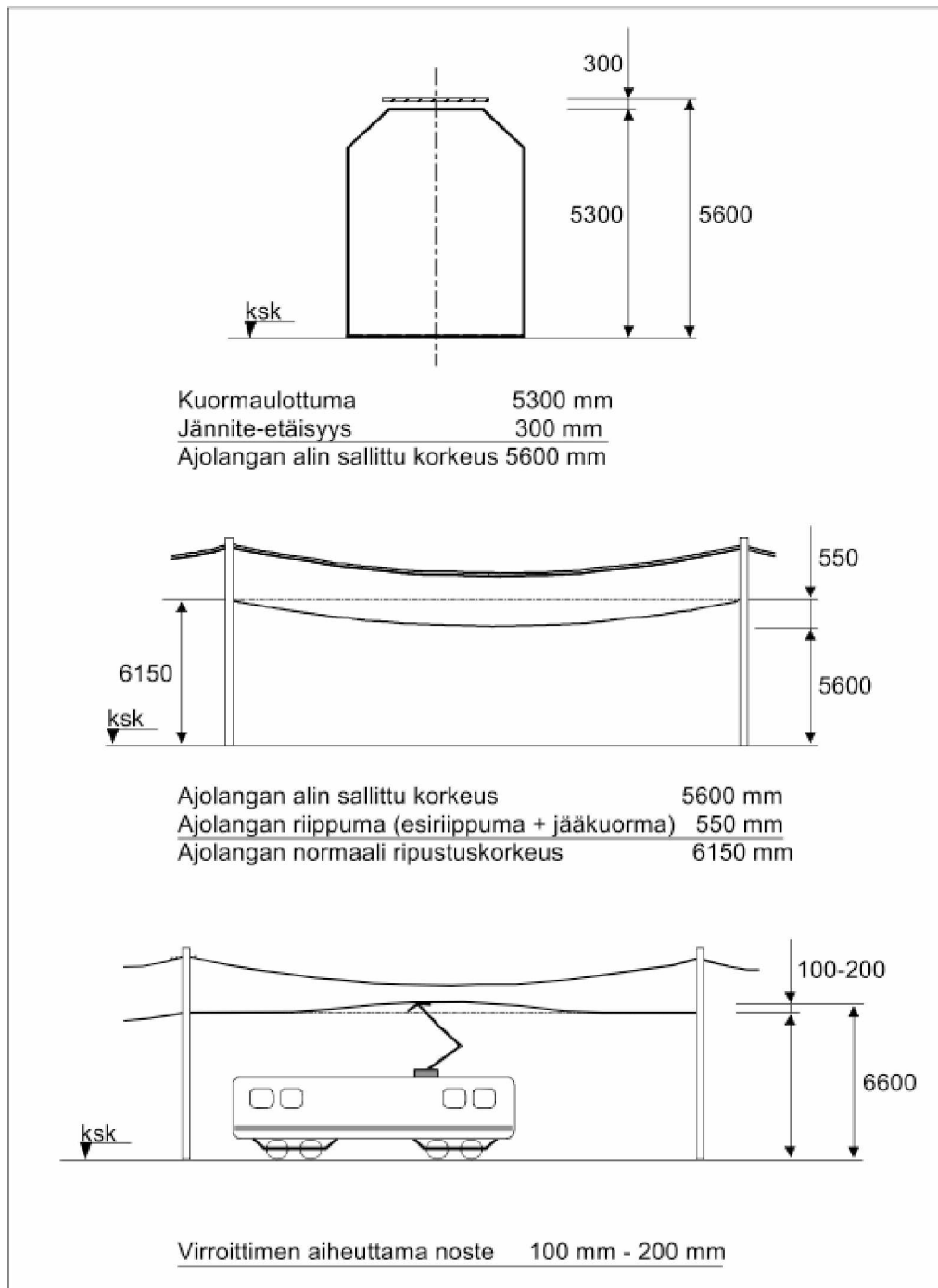
Kun ajolangan korkeutta muutetaan, tulee ajolangan suurimman kaltevuuden (ajolangan ripustuskorkeuden ero peräkkäisillä pylväillä jaettuna jänteen pituudella) ja suurimman kaltevuuden muutoksen (ajolangan tekemä kulma ripustuspisteessä) täyttää taulukossa 5.6.3 esitetyt vaatimukset:

Taulukko 5.6.3 Suomessa käytetyt arvot ajolangan korkeudenmuutokselle nopeuden funktiona

Maksimi nopeus km/h	Maksimi kaltevuus	Kaltevuuden muutos
<160	1/300	1/600
160	1/600	1/1200
220	1/1000	1/2000

Yllä olevan taulukon arvot ovat ohjeellisia. Tarkat arvot löytyvät ratajohtokohtaisista viimeistelyohjeista.

Siirtyminen raiteen suunnasta maksimikaltevuuteen - ja päinvastoin - tapahtuu yleensä yhdessä jänteessä, jonka suunniteltu kaltevuus on puolet käytetystä maksimikaltevuudesta ja jossa virroittimen liikerataa pyöristetään ajolangan esiriippumaa muuttamalla. Radan kaltevuustaitteen pyöristyksen aiheuttamat kulmat kompensoidaan ajolangan esiriippumaa muuttamalla.



Kuva 5.6.3 Ajolangan korkeus

5.6.4.3 Muiden johtimien asema

Myös muiden johtimien, kuten paluu-, vasta- ja ohitusjohtimien, pitää olla tasoristeysten kohdalla vähintään 5600 mm etäisyydellä kiskonselän tasosta kaikissa sää- ja kuormatiloissa. Muualla johdinten etäisyydet määräytyvät kohdan 5.9 mukaan.

5.6.4.4 Ratajohdon toleranssit ja säätövarat

5.6.4.4.1 Pylvään ja perustuksen aseman toleranssit ja teräsrakenteiden sallitut taipumat

Pylvään ja perustuksen etäisyyden toleranssi radan sivuttaissuunnassa on ± 3 cm. Tämä 3 cm lisätään pylvään nimellisetäisyyteen.

Elementtiperustuksen toleranssi on $+10\ldots-5$ cm. Kuitenkaan saman portaalin vierekkäiset perustuspinnat eivät saa poiketa toisistaan enempää kuin 5 cm - mikäli perustuspinoilla on sama suunnitteluarvo. Jos vierekkäisillä perustuspinoilla on eri suunnitteluarvo, lasketaan poikkeamat suunnitteluarvoista; tällöin poikkeamien erotus saa olla enintään 5 cm. Laiturilla on perustuspinnan oltava vähintään 5 cm laiturin tasoa ylempänä.

Perustusten suunnittelussa ja rakentamisessa on noudatettava Liikenneviraston ohjeita.

Pylväiden yms. kannatusrakenteiden suurin sallittu pysyvä taipuma on 1,0 % pituudesta. Rataa vastaan kohtisuorassa suunnassa on suurin sallittu muuttuva taipuma 13 cm. Radan suunnassa sallitaan teräspylväille tuulikuormalla kokonaistaipuma 2 % ja pysyvä taipuma (myös kiristyspylväille) 1 % pylvään pituudesta. Muille teräsrakenteille, kuten kääntöorsille, sallitaan yleensä kokonaistaipuma 1,5 % osan pituudesta.

Rakenteen pysyvällä taipumalla tarkoitetaan nollasään kuormitusta vastaavaa elastista taipumaa joka häviää, kun kuormitus poistetaan. Muuttuvalla taipumalla tarkoitetaan edellisen lisäksi tulevaa lyhytaikaisempaa elastista taipumaa, jonka suuruuden määrää tavallisesti tuulikuorma ja poikkeustapauksissa esim. pakkanen tai jääkuorma. Kokonaistaipumalla tarkoitetaan suurinta elastista taipumaa eri sää- ja kuormatiloissa.

5.6.4.4.2 Ajojohtimen toleranssit ja säätövarat

Ajojohtimen asennukseen ja huoltoon liittyvät toleranssit on esitetty taulukossa 5.6.4. Ajolangan korkeuden asennustoleranssi on normaalisti $-5\ldots+10$ cm suunniteltuun 615 cm korkeuteen nähden. Vaihteen jänteissä ja jännteissä joiden jomman kumman pään suunnittelukorkeus poikkeaa 615 cm:stä, käytetään toleranssia ± 2 cm. Ripustuskorkeuden lisäksi tulee tarkistaa jänteen päiden välinen korkeusero. Ajolangan kaltevuus ei saa olla taulukon 5.6.3 arvoja suurempi. Sillanalituksissa ja lyhyissä jännteissä (≤ 40 m) käytetään toleranssia ± 1 cm.

Ajolangan siksakin toleranssi ripustuspisteessä on ± 3 cm.

Ajolangan ja kannattimen kiristysvoiman toleranssi johtimen lämpötila-alueella:

Pääraide:	± 10 % nimellisestä kiristysvoimasta
Sivuraide:	± 20 % nimellisestä kiristysvoimasta

Y-köyteen kiinnitettävän (ajolangan) ripustimen ripustinvoiman toleranssi on ± 5 N.

Systemikorkeuden toleranssin ohjearvo on ± 10 cm.

Y-köyden pidikkeen etäisyyden toleranssi kannattimen kannatuspidikkeestä on ± 3 cm.

Ripustinpituuden toleranssi on ± 5 mm.

Ripustinvälin toleranssi on yleensä ± 10 cm. Mikäli jännepituuden virhe on niin suuri, ettei ripustinvälin toleranssi ± 10 cm riitä, jaetaan janteen virhe tasan muiden kuin Y-köyden ripustimien kesken.

Ohjaimen etäisyyden toleranssi lähimmästä ripustimesta on ± 5 cm.

Kääntöorresta on voitava säätää ajolankaa vaakatasossa ± 9 cm ja pystytasossa $+25\ldots-15$ cm (vrt. kohta 5.6.2.2). Kuitenkin ratapihoilla riittää korkeussäätövaraksi $+15\ldots 0$ cm. Liikenneviraston luvalla voidaan esim. tunneleissa pienentää em. säätövaroja tarvittaessa sekä pysty- että vaakatasossa.

Taulukko 5.6.4 Yhteenveto ratajohdon toleransseista

KOHDE	TOLERANSSI	
	ASENNUS	HUOLTO
PERUSTUKSET <ul style="list-style-type: none"> – rataa vastaan kohtisuora etäisyys – radan pituussuunnassa – valuperustuksen korkeus – elementtiperustuksen korkeus – portaalin perustusten korkeusero – X-mitta, perustuksen pinnan ja maanpinnan korkeusero – kallistuma 	± 3 cm ± 50 cm ± 5 cm ± 10 cm 5 cm ± 0 cm	ATU $-25\ldots + 5$ cm $-25\ldots + 10$ cm 10 cm 60 cm ± 4 cm
PYLVÄÄT <ul style="list-style-type: none"> – etäisyys raiteen keskiviivasta – raiteen pituussuunnassa – pylvään huipun kallistuma tai taipuma rataa vastaan kohtisuoraan johtimien asennuksen jälkeen – pylvään huipun kallistuma tai taipuma radan pituussuunnassa tavallisilla pylväillä – pylvään huipun kallistuma tai taipuma radan pituussuunnassa kiristyspylväillä – pylvään suurin sallittu taipuma 	± 3 cm ± 50 cm 0...+ 5 cm ± 5 cm ± 10 cm ± 10 cm	ATU ± 10 cm ± 20 cm ± 20 cm ± 10 cm
PORTAALIT <ul style="list-style-type: none"> – jalkojen huipun kallistuma tai taipuma kaikkiin suuntiin 	± 5 cm	± 10 cm

KOHDE	TOLERANSSI	
	ASENNUS	HUOLTO
KIRISTYSLAITTEET – painojen korkeus (<u>huom. kitka</u>) – käyrä tasauslevy – suora tasauslevy	Piir. P4-272 ± 2 cm ± 5 cm	± 40 cm ± 5 cm ± 10 cm
KÄÄNTÖORREN KÄÄNTYMÄ (<u>huomioi lämpötila</u>) – yksittäinen kääntöorsi – kaksoiskääntöorsi	± 10 cm ± 5 cm	± 20 cm ± 10 cm
KENTTIEN ILMAVÄLI – erotuskenttä – suljettu kenttä – yhdensuuntaiset vaihdelangat	0...+ 2 cm ± 2 cm ± 2 cm	0...+ 5 cm ± 5 cm ± 2 cm
AJOLANGAN SIKSAK – 30 cm – 40 cm – vaihteissa ja kentissä – erotusjakso – ryhmityseristin (raiteen keskiviivasta)	± 3 cm ± 2 cm ± 2 cm ± 2 cm ± 10 cm	± 10 cm ± 10 cm ± 5 cm ± 5 cm
AJOLANGAN RIPISTUSKORKEUS (<u>nimelliskorkeus 615 cm</u> <u>minimikorkeus 560 cm</u> <u>maksimikorkeus 650 cm</u>) – normaalisti – siltojen alitukset ja tunnelit – vaihteet (<u>huomioitava ajolangan ripustuskorkeusero</u>) – ripustuskorkeusero viereisillä pylväillä (<u>1 cm / 10 m</u>)	- 5... +10 cm ± 1 cm ± 2 cm 2...6 cm	5...7 cm
RIPIUSTIMET – kaltevuus	± 3 %	± 10 %
AJOLANGAN KULUMINEN AJOLANKA 100 mm ² (Ø = 12 mm) – ajolangan yleiskuluminen (20 %) – ajolangan paikallinen kuluminen (30 %) AJOLANKA 80 mm ² (Ø = 10,6 mm) – ajolangan yleiskuluminen (20 %) – ajolangan paikallinen kuluminen (30 %) – ripustimien kuluminen – ryhmityseristimien ja erotusjaksojen ripustimien kuluminen tai vaurioituminen		Ø ≤ 9,2 mm Ø ≤ 8,3 mm Ø ≤ 8,1 mm Ø ≤ 7,3 mm ≤ 50 % ≤ 20 %

5.7 Ratajohdon suunnittelu

Varsinaisen ratajohdon lisäksi tässä kohdassa käsitellään siihen oleellisesti liittyviä rakenteita ja laitteita, kuten imumuuntajia. Syöttö- ja välilytkinasemiin liittyviä rakenteita käsitellään kohdassa 5.4. Tässä osiossa viitataan Liikenneviraston tyyppikuviin. Kyseiset tyyppikuvat ovat saatavilla Liikenneviraston sähköpiirustusarkistosta.

Ratajohdon kiinteiden laitteiden sijoitussuunnittelua varten laadittava perusaineisto sisältää sähkö-, rakennus- ja ratateknisiä kaavioita, piirustuksia ja tiedostoja. Niihin kuuluvat mm.

- sähköradan yleiskaavio
- raidegeometriatiedostot
- rataprofiili
- ratapihakaaviot/ raiteistokaaviot
- ratapihojen mittapiirustukset
- siltojen tms. esteiden aukkopiirustukset
- turvalaitesuunnitelmat
- ilmajohtoristeämät
- radanvarren kaapeleiden kaapelikartat.

5.7.1 Ratajohtorakenteiden sijoitus

5.7.1.1 Sijoitussuunnittelun kulku

Sijoitussuunnittelu alkaa yleissijoituskaavion laatimisella. Siinä esitetään syöttö- ja välilytkinasemien sekä imu- tai säästömuuntajien, erotuskenttien ja erotusjaksojen paikat.

Yksityiskohtaisempi suunnittelu alkaa sijoituskartan laatimisella. Pääpaino on kohdan 5.7.1.4.2 mukaisesti tehtävällä pylvässijoituksella. Johtimien sijoitussäännöt on myös huomioitava ja varmistettava erikoispaikkojen osalta (esim. sillan alitus).

Kun sijoituskartat ovat valmiit, pidetään pylväspaikkakatselmus, Tarvittaessa katselmoidaan maastoon merkityt pylväspaikat. Sijoituskartat korjataan katselmuspöytäkirjan mukaisiksi.

Seuraava vaihe on pylväsluetteloiden ja portaalikaavioiden laatiminen. Niissä esitetään yksityiskohtaisesti kannatusrakenteiden tyyppit, mitat sekä kuormitukset perustusten määrittämistä varten.

Työmaalla mitataan perustusten lopulliset paikat ja jänteiden pituudet. Mittauksiin kuuluu pylväspäristysten x-, y- ja z-koordinaatit, joista lasketaan ratageometriatietojen avulla pylväsetäisyydet ja jänteet. Nämä tiedot tarvitaan ajojohtimen kääntöorsien ja ripustimien suunnittelua varten.

Ajojohdintiedot annetaan pääosin ajojohdin- ja kääntöorsiluetteloissa. Joistakin erikoispaikoista (esim. sillan alitus) tehdään erilliset piirustukset. Paluu-, M-, ohitus- ym. johdinten sijoitus on suunniteltu jo pylvässijoituksen (pylväsluettelo) yhteydessä.

Viimeisessä suunnitteluvaiheessa määritetään sähköiset liitännät. Ajojohtimen tavaliset (potentiaali- ja virta-) liitännät esitetään ripustinlaskennan (lähtöarvo-) lueteloissa, mutta erottimien ym. liitännöistä tehdään erilliset piirustukset.

Ennen liikenteelle ottoa rataosalla tehdään tarkastuksia sekä suoritetaan koeajoja ja sähkötekniisiä (impedanssi- ja potentiaali-) mittauksia. Ratajohdon jännite-etäisyysmittausten ym. palautetietojen perusteella täydennetty ja tarkistettu suunnitteluaineisto luovutetaan Liikennevirastolle rataosan valmistuttua.

5.7.1.2 Tarvittava perusaineisto

Ratajohtosuunnittelu tarvitsee lähtöaineistoksi ennen uuden suunnitteluprojektin alkua vähintään seuraavat dokumentit:

- raidegeometria
- rataprofiili
- nykyiset raiteisto- ja linjakaaviot
- sähköistettävät raiteet
- nopeuskaavio
- nykyinen sähköistys
- kartoitustiedot
- sähköradan pääkaavio
- lämmitysmuuntajat
- mahdolliset työvaihesuunnitelmat
- nykyiset turvalaitesuunnitelmat
- suunnitelmiin vaikuttavat esteet esim. valaistus, ilmajohtoristeämät, kaapeloinnit, sillat, tunnelit ja rakennukset.

5.7.1.3 Yleissijoitus

Ajojohtimen köysivoimien ja aseman on pysyttävä riittävän tarkasti vakioina lämpötilan vaihdellessa. Siksi johdin on varustettava kiristyslaitteilla, ja kiristysväli on rajoitettu ratajohtotyyppin mukaan. Pitkillä kiristysväleillä, varsinkin kaarteissa, on tarkistettava etteivät ajojohtimen kiristyksen toleranssit ylity (vrt. kohta 5.6.4.4.2).

5.7.1.3.1 Kiristyskentät

Pääraiteen ajojohdinosuudet on päätettävä kiristyskentissä, joiden tulee sisältää normaalisti siirtymäjänne ja kaksi sivuunvientijännettä sekä tarvittaessa apujännteitä. Erikoistapauksissa voidaan käyttää siirtymäjännteetöntä sivuunvientikenttää, ns. piste-mäistä kenttää, mutta tämän käyttöön tarvitaan Liikenneviraston lupa.

Sähköisten ominaisuuksien perusteella jaetaan kiristyskentät erotuskenttiin ja suljetuihin kenttiin; sivuunvientikenttä vastaa suljettua kenttää. Erotuskenttä muodostaa sähköisen ryhmän rajan, joten sen siirtymäjännteessä on ajojohtimien välinen suunniteltu etäisyys normaalisti 45 cm. Suljetun kentän siirtymäjännteessä riittää johtimien välille tavallisesti 20 cm mekaaninen etäisyys.

Kiristyskentän siirtymäjännteessä tulee alempana olevan ajolangan suunnitellun etäisyyden pysyä alueella 0...42 cm raiteen keskiviivasta kaikissa sää- ja kuormatiloissa. Tästä syystä jyrkkä kaarre lyhentää siirtymäjännettä normaalista 60 m:stä tai 55 m:stä.

Toisaalta jänne ei saa olla niin lyhyt, että ajolangat nousevat liikaa ennen yhteistä tangenttipistettään. Käyttämällä siirtymäjanteen toisessa päässä pienempää nostoa kuin tavallinen 40 cm, ei kuitenkaan alle 10 cm, voidaan jännettä lyhentää enemmän.

Suurille nopeuksille tehtävissä ajojohtimissa (väh. 200 km/h) ajolanka nousee 3. asteen käyrän muotoisesti ajettavalta kääntöorrelta sivuunvientiorrelle. Ajettavalla orrella käytetään lisäksi Y-köyttä. Ajolangan nosto on 32...50 cm. Erotuskentässä, jossa ajolangan nosto on alle 50 cm tai radan maksiminopeus on yli 160 km/h, käytetään aina ohutta sauvaeristintä. Kiristyskenttiä on käsitelty myös kohdassa 5.7.1.5.4

Kiristyskentän paikkaa valittaessa on otettava huomioon seuraavat seikat:

- On vältettävä jyrkkiä kaarteita.
- On pyrittävä sijoittamaan siirtymäjänne niin, ettei virroittimen liikkeen suunta siinä muutu. Siksi on vältettävä muuttuvaa ajolangan korkeutta ja rataprofiilin pyöristysaluetta.
- Painokiristystä ei tulisi sijoittaa laiturialueelle.
- On vältettävä sijoittamasta kiristyskenttää ahtaisiin paikkoihin, kuten siltojen alle tai tunneleihin, joissa ei voida käyttää kentän tavallisia kääntöorsia.
- Jos radalle tulee imumuuntajat, on kenttäjaon sovittava yhteen imumuuntajaajan kanssa.
- Ajolangan köysivoima saa johtimen lämpötila-alueella $-40...+50\text{ °C}$ muuttua enintään $\pm 10\%$ pääraiteilla ja $\pm 20\%$ sivuraiteilla. Köysivoiman muutos on tarkistettava kiristysväleittäin.
- Erotuskentän siksakit, kääntöorsien pituudet ym. on valittava siten, ettei erotusväli pienene alle 31 cm lämpötila-alueella $-40...+50\text{ °C}$. Siksakit ovat hitaasti ajettavilla raiteilla Liikenneviraston tyyppipiirustuksen LA4-148 mukaiset. Suuremmilla nopeuksilla käytettävät siksakit on esitetty ko. suunnitteluohjeissa.

5.7.1.3.2 Imumuuntaja

Imumuuntajajärjestelmässä paluuvirran aiheuttamien häiriöiden ja vaarojen vähentämiseksi on otettu käyttöön imumuuntajat. Ne ovat kytkennältään sarjamuuntajia (ensiö sarjassa ajojohtimen ja toisio paluujohtimen kanssa), joiden muuntosuhde on 1:1. Imumuuntajan sijoittamista on käsitelty myös kohdissa 5.3, 5.6.2.1 ja 5.6.2.3;

Imumuuntajien sijoituksessa on otettava huomioon seuraavat vaatimukset:

- Imumuuntajan kohdalle ajojohtimeen on pystyttävä tekemään erotusväli, sijoittamaan erotuskenttä. Ryhmityseristintä voidaan käyttää erotusvälinä vain Liikenneviraston luvalla.
- Ratajohto ja opastinjärjestelmä on sovittava yhteen. Sähköjunat eivät saa pysähtyä imumuuntajien kohdalle. Myös opastimien näkymä ja tarvittavat jännite-eräisyydet tulee huomioida (RATO 6 "Turvalaitteet").

5.7.1.3.3 Säästömuuntaja

Säästömuuntajajärjestelmässä siirtojännitteenä ajo- ja vastajohtimen välillä käytetään 50 kV jännitettä paremman tehonsiirtokyvyn saavuttamiseksi. Säästömuuntajilla voidaan myös pienentää paluuvirran aiheuttamia häiriöitä ja vaarajännitteitä. Säästömuuntaja kytketään ajo- ja vastajohtimen välille ja sen käämin keskipiste yhdistetään M-johtimeen, joka yhdistetään paluukiskoon. Tällä tavoin ajojohtimen jännite kiskoa vasten on 25 kV. Säästömuuntajan sijoittamista on käsitelty tarkemmin kappaleessa 5.3.

5.7.1.3.4 Ankkuroinnit

Ajojohdinosuus on ankkuroitava keskeltä, kun sen molemmissa päissä on kiristyspainot. Ankkuroinnin keskipylvääksi on valittava painojakson keskimäinen tai sitä lähellä oleva pylväs niin, ettei kiristysvälin sallittuja maksimiarvoja ylitetä (kohta 5.6.4.4.2). Keskipylvääksi ei saa valita erotusjaksopylvästä eikä normaalisti vaihepylvästä, varsinkaan I-pylvästä. Keskiankkuroinnin kääntöorren sijaitessa portaali-orressa on tarkistettava ripustuspalkin kestävyys ja taipuma.

Mahdollisimman läheltä keskipylvästä on pyrittävä löytämään kiristyspylväät, joissa ei ole ennestään kiristystä tai harusta pylvään sillä puolella, johon keskiankkurointikiöysi kiinnitettäisiin. Poikkeustapauksissa voidaan sijoittaa kaksi keskiankkuroinnin (tai muun johtimen) kiristystä päällekkäin P- ja R-pylvääseen, mikäli pylvään muu kuormitus sen sallii.

Mikäli painojaksosta tulee niin lyhyt, että siihen ei tarvita keskiankkurointia, tulee ajojohtimen toinen pää varustaa pääteankkuroinnilla.

5.7.1.3.5 Erotusjakso

Käytettävien erotusjaksojen (liitteet 25...27) sijoituksessa on otettava huomioon kohdissa 5.4 ja 5.6 mainitun lisäksi seuraavat vaatimukset:

- Erotusjakson kohdalla tulee ajolangan teoreettisen kulmavoiman olla normaalisti 0...100 N. Poikkeustapauksissa, lähinnä kaarteissa, sallitaan kulmavoimaa enintään 750 N (lyhyiden jänneiden välttämiseksi), mikäli erotusjakson rakenne muuten sallii ko. ajolangan kulman.
- Erotusjakso on sijoitettava normaalisti raiteen keskiviivan kohdalle eli siksakin tulee olla 0 cm. Kallistamattomalla raiteella voidaan sallia siksakia enintään + 10 cm.
- Erotusjakso sijoitetaan normaalisti kääntöorren kohdalle.

Erotusjakson molemmin puolin asennetaan raiteen kiskoja väliin magneetti, jonka tarkoituksena on automaattisesti keskeyttää sähkövetokaluston tehonotto ajojohtimesta erotusjaksoalueella ohjaamalla sen pääkatkaisija auki-asentoon. Magneetin etäisyys erotusjaksosta riippuu radan maksiminopeudesta taulukon 5.7.1 mukaisesti.

Taulukko 5.7.1 Erotusjaksomagneetin keskipisteen etäisyys erotusjakson magneetin-puoleisen eristimen jännitteisestä päästä

50 km/h	60 km/h	120 km/h	160 km/h	220 km/h
15 m	16 m	23 m	27 m	34 m

Virransyöttö katkeaa erotusjakson kohdalla, joten sen paikka on valittava niin, että juna voi rullata sen ohi. Rullauksen vaatiman kiihdytysmatkan takia erotusjakson minimietäisyys opastimista ym. riippuu kaarresäteestä ja radan pitkittäis-kaltevuudesta (ks. kohta 5.6.2.3 ja RATO 6).

5.7.1.3.6 Ryhmytysristimet

Huollon ja mahdollisen vikatapauksen vuoksi ajojohtimet on jaettava tarkoituk-senmukaisesti sähköisiin ryhmiin, jotka voidaan toisistaan riippumatta erottaa ver-kosta ja maadoittaa. Avoradalla riittävä ryhmittely tulee toteuttaa erotuskentillä, mut-ta ratapihoilla tarvitaan lisäksi ryhmytysristimiä.

Ryhmytysristimen paikka voidaan valita vapaammin kuin erotusjakson, koska sen kohdalla voi veturi ottaa tehoa ajojohtimesta. Paikkaa valittaessa on otettava huo-mioon seuraavat seikat:

- Ryhmytysristimen ja viereistä raidetta kulkevan virroittimen välille on jättävä 480 mm etäisyys. Mikäli ryhmytysristimen lähin liukukisko on samassa potentiaalissa kuin virroitin, riittää etäisyydeksi virroittimen 260 mm sivuttaisliikevara (mekaaninen etäisyys, ks. kohta 5.6.3).
- Ryhmytysristimen keskiviivan suunniteltu poikkeama raiteen keskiviivasta saa olla enintään 10 cm, jotta virroitin koskettaisi tasaisesti molempia liuku-kiskoja.
- Samasta syystä on vältettävä sijoittamasta ryhmytysristintä kallistetulle rai-teelle.
- On vältettävä sijoittamasta ryhmytysristintä jänteeeseen, jonka kaltevuus raiteeseen nähden on yli 1 ‰.
- Koska virroitin ei saa pysähtyä ryhmytysristimen kohdalle, on ryhmytysristin pyrittävä sijoittamaan raideopastimen tai muun kulkuopastimen taakse.

Ryhmytysristin kannattaa systeemikorkeuden riittäessä yleensä sijoittaa jänteen keskelle. Erottimen liitäntäjohtimien sijoituksen kannalta voi usein olla edullisempaa sijoittaa ryhmytysristin lähelle jänteen päätä.

Ryhmytysristintyyppi valitaan sille tyyppihyväksytyn ajonopeuden mukaan.

5.7.1.3.7 Erottimet

Eri sähköistä ryhmää olevien ajojohdinten väliset kytkennät hoidetaan erottimilla. Niiden tyyppi (tavallinen, kuormanerotin, maadoituserotin, moottorihjauksella tai käsiohjauksella) ja alustava paikka annetaan pääkaaviossa. Säästömuuntajajärjes-telmässä erottimet ovat 2-vaiheisia, paitsi vastajohtimen puuttuessa 1-vaiheinen

esim. sähköradan reuna-alueella. Ajojohdin ja vastajohdin erotetaan aina jännitteettömiksi samanaikaisesti.

Lopullinen paikka määräytyy seuraavien periaatteiden mukaan:

- Yhteen pylvääseen saa sijoittaa vain yhden 25 kV erottimen.
- Jos alustavan paikan lähelle tulee luonnostaan P- tai R-pylväs, se pyritään valitsemaan erotinpylvääksi; kuitenkin ulokepylvään jalkana olevaa P-pylvästä on vältettävä käyttämästä erotinpylväänä suuren taipuman takia.
- Varsinkin P-pylvään etäisyydessä raiteen keskiviivaan on otettava huomioon erottimen ohjainkotelon vaatima tila.
- Käytettäessä I-pylvästä erotinpylväänä täytyy sen kestävyys ja taipumaan kiinnittää erityistä huomiota.
- Ratapihalle tuleva erotin on pyrittävä sijoittamaan portaaliin. Erotin on sijoitettava jalkaan ja liitäntäköydet kiinnitettävä tukieristimien välityksellä normaalisti portaaliin sivuun. Ellei portaalilla ole käytettävissä, erotin voidaan sijoittaa pylvääseen, joka on kohdakkain vastapäisen pylvään kanssa, ja vetää liittämistä varten pylväiden välille ylitysjohdin. Jossakin tapauksessa voidaan esim. poikittaiserotin liittää suoraan eri puolilla pylvästä oleviin ajojohtimiin.
- Imumuuntajan kanssa sarjassa oleva erotin on sijoitettava imumuuntajanelineeseen tai -pylvääseen.
- Muu pitkittäiserotin on sijoitettava normaalisti erotuskentän välipylovääseen. Mikäli erotusväli on jouduttu toteuttamaan ryhmityseristimellä, erotin on sijoitettava normaalisti ryhmityseristimen viereiseen pylvääseen. Ryhmityseristimen tullessa riittävän lähelle erotinpylvästä voidaan liittäminen hoitaa pelkillä liitäntäjohtimilla, ilman ryhmitys- tms. johdinta.
- Poikkeustapauksessa voidaan erotinta varten sijoittaa oma pylväänsä ryhmityseristimen kohdalle.
- Erotin on pyrittävä sijoittamaan vähintään 25 m päähän ylikulkusillasta.

Paluujohtimellakin on oma erotintyyppinsä, jolla voidaan kytkeä vierekkäisten raiteiden paluujohtimet rinnan. Tämä erotin on sijoitettava normaalisti imumuuntajanelineeseen tai -pylvääseen siten, että sitä on helppo maasta käsin operoida.

5.7.1.4 Pylvässijoitus

5.7.1.4.1 Pylväs- ja portaalityyppit

Pylväistä ja portaaileista on kehitetty standardityyppejä (liitteet 2...7). Teräspylvästyyppit ovat I-, P-, R (ristikko)- ja IM (imumuuntaja)-pylväs.

I-pylväs

I-pylvästyypit eroavat toisistaan pituuden, parrekoon, parretyypin (kuumavalssattu tai kylmämuovattu) ja pohjalevyn reikävälin suhteen. Taulukoissa 5.7.2 ja 5.7.3 on listattu eri I-pylvästyypit ja niiden tyyppikoodit (reikäväli 500x300 mm). Kullakin pylväällä on oma tunnus. Esimerkiksi tunnus U14T87 tarkoittaa pylvästä, jossa on pienennetty pohjalevyjen reikäväli (U), parrekoko 140 (14), kylmämuovattu parre (T) ja jonka pituus on 8,7 m (87). Taulukkoihin on myös merkattu kyseisten pylväiden tyyppikuvien piirustusnumerot.

Taulukko 5.7.2 Kuumavalssatut I-pylväät

Parrekoko/pituus	Pylvään tunnus	Piir. Nro
U100/8,2	U1082	SR-F-501
U100/8,7	U1087	SR-F-501
U120/8,2	U1282	SR-F-502
U120/8,7	U1287	SR-F-502
U120/9,2	U1292	SR-F-502
U140/8,2	U1482	SR-F-503
U140/8,7	U1487	SR-F-503
U140/9,2	U1492	SR-F-503
U140/10,26	U14102	SR-F-504
U140/10,4 *)	U14104	SR-F-505

*) Imumuuntajatelteen jalka

Taulukko 5.7.3 Kylmämuovatut I-pylväät

Parrekoko/pituus	Pylvään tunnus	Piir. Nro
U120/8,2	U12T82	SR-F-499
U120/8,7	U12T87	SR-F-499
U120/9,2	U12T92	SR-F-499
U140/8,2	U14T82	SR-F-500
U140/8,7	U14T87	SR-F-500
U140/9,2	U14T92	SR-F-500

I-pylvään käyttöä voivat rajoittaa seuraavat seikat:

- I-pylväs on radan suunnassa varsin taipuisa, joten sallittu taipuma (ks. kohta 5.6.4.4.1) tai jännitys voi rajoittaa pylvääseen sijoitettavia varusteita ym.
- Kiristyspylväänä I-pylväs on harustettava (liite 3), mikä rajoittaa käyttöä varsinkin ratapihoilla.
- Ratapihan muut rajoittavat seikat ovat ahtaat raidevälit, pyrkimys vähentää pylväitä esim. laitureilta sekä yhtenäinen ulkonäkö.

Kuormituksen ja käyttötavan vaihtelun vuoksi I-pylväällä tarvitaan parrekoot U 100, U 120 ja U 140 sekä pylväspituudet 8,2 m, 8,7 m, 9,2 m ja 10,26 m.

Tavallisin pylväspituus on 8,7 m. Pituus 8,2 m on tarkoitettu laiturille (kun perustuksen pinnan korkeus on n. 0,5 m normaalia ylempänä eli kv + 60...85 cm (kv=korkeusviiva; vrt. kohta 5.6.4.4.1). Pituuksia 9,2 m ja 10,26 m tarvitaan paluu- ym. johdinten saamiseksi riittävän etäälle ajojohtimesta, opastimista ym.

I-pylvään numerointitapana käytetään ratakilometrilukemaa, jonka jälkeen väliiviiva ja juokseva numero. Juokseva numero määräytyy siitä, monesko pylväs on kyseisellä kilometrillä kasvavan kilometrin suuntaan. Esim. 24-1, 435-13, jne. Mikäli samalle kilometrille rakennetaan uusia pylväitä, jatketaan olemassa olevaa juoksevaa numerointia tai käytetään lähimmän pylvään numeroa lisättynä kirjaimella. Esim. 24-1B, 435-13B jne. Pylväsnumero sijoitetaan pylvääseen RATO:n osan 17 "Radan merkit" mukaisesti.

Pylvään pituus on valittava siten, että ajojohtimen korkeutta voidaan säätää -15...+25 cm ilman suurehkoja muutoksia, kuten muiden johtimien siirtoa. Perustuksen pinnan korkeuden poiketessa pylväspituudelle tarkoitettu tasosta tai käytettäessä erikoiskääntöorsia esim. sillan alituksessa voi kääntöorren kiinnitin osua sidelevyn kohdalle, jolloin on käytettävä kääntöorren kiinnittimen ja pylvään välissä tarkoitusta varten suunniteltua kiinnityslevyä.

P-ylväs

P-ylvästä käytetään yksittäisenä pylväänä sekä portaalin ja ulokepylvään jalkana. Yksittäisenä pylväänä sitä käytetään mm:

- harustamattomana kiristyspylväänä ja
- ahtaissa raideväleissä, joihin esim. I-pylväs ei mahdu.

P-ylvään käyttöä ulokepylvään jalkana rajoittaa sen taipuma rataa vastaan kohtisuorassa suunnassa.

Portaalin jalkana P-ylvästä käytetään kaksi- tai useampijalkaisissa portaaleissa, joiden jalkaväli on portaattomasti valittavissa 28 m:iin saakka.

P-ylvään kuormitus vaihtelee paljon, joten paarrekokoja tarvitaan useita: U 200, U 220, U 240, U 260 ja U 280. Pylväspituudet ovat: 8,3 m, 8,8 m ja 9,3 m. Portaalin jalkojen pituuksien ja paarrekokojen ei tarvitse olla keskenään samoja. Taulukossa 5.7.4 on esitetty P-ylvästyypit, niiden tyyppikoodit ja tyyppikuvien piirustusnumerot.

Taulukko 5.7.4 P-ylväät

Parrekoko/pituus	Pylvään tunnus	Piir. Nro
U200/8,3	2083	FA1-140
U200/8,8	2088	FA1-140
U200/9,3	2093	FA1-140
U220/8,3	2283	FA1-139
U220/8,8	2288	FA1-139
U220/9,3	2293	FA1-139
U240/8,3	2483	FA1-138
U240/8,8	2488	FA1-138
U240/9,3	2493	FA1-138
U260/8,3	2683	FA1-137
U260/8,8	2688	FA1-137
U260/9,3	2693	FA1-137
U280/8,3	2883	FA1-136
U280/8,8	2888	FA1-136
U280/9,3	2893	FA1-136

Perustuksen tullessa kallion reunalle, tukimuurille tai laiturikatoksen päälle voidaan tarvita normaalia lyhyempiä pylväitä, joiden pituudet on pyrittävä valitsemaan 0,5 m portain.

Portaaliarren paarrekokoja on kolme: L 40x5, L 50x6 ja L 70x7. Kaksijalkaisen tai erilisillä orsilla varustetun useampijalkaisen portaalin jalkaväli on 9...22 m (paarre L 40x5) tai 15...28 m (paarteet L 50x6 ja L 70x7). Jatkuvalle orrella varustettu useampi-jalkainen portaali voi olla pidempi. Tarvittaessa voidaan ortta jatkaa jalkavälin ulkopuolelle ns. ulokeorreksi (liite 5).

P-pylvään numerointi noudattaa samoja sääntöjä kuin I-pylvään paitsi kilometrimeron ja juoksevan numeron väliin laitetaan väliviivan sijasta kautta-viiva. Esim. 24/1, 435/13 jne.

R-pylväät

Kun P-jalkaisen portaalin jalkaväli ei riitä, on käytettävä ns. kehäportaalia. Sitä on kahta tyyppiä: kevyt ja raskas kehäportaali. Kevyen kehäportaalin jalat ovat L 90x9 -paarteisia R-pylväitä; orren päiden paarrekoko on L 55x6 ja keskiosien L 50x6. Raskaan kehäportaalin jalkoina olevien R-pylväiden paarrekoko on L 100x10 ja orren L 70x7.

Kevyen kehäportaalin jalkaväli on enintään 37 m ja raskaan 48 m (liite 6). Tarvittaessa näitäkin portaaleita voidaan jatkaa lisäämällä jalkoja ja orsia, myös ulokeorsi. Orren kiinnitystavan vuoksi kehäportaalin jalkavälin (keskeltä keskelle) tulee olla tasametrejä.

Pelkkää R-pylvästä voidaan joutua käyttämään esim. kiristyspylväänä, jolla on poikkeuksellisen suuri rataa vastaan kohtisuora kuormitus.

R-pylvästä ja ulokeortta voidaan käyttää yhden raiteen yli ulottuvana ulokepylväänä korvaamaan kevyesti kuormitettua portaalia. Ulokepylvään jalaksi on pyrittävä valitsemaan L 90x9-paarteinen pylväs (liite 7). Raskaasti kuormitetussa, usean raiteen yli ulottuvassa ulokepylväessä joudutaan käyttämään L 100x 10-paarteista jalkaa.

R-pylvään tavallisin pituus on 8,8 m. Harvinaisempia pituuksia ovat 9,3 m ja 8,3 m sekä tarvittaessa tätäkin lyhyemmät 0,5 m portain. Kehäportaalin jalat saavat olla eripituisia mutta jalkojen ja orsien tulee olla keskenään samaa tyyppiä.

R-pylvään numerointi noudattaa samoja sääntöjä kuin I- ja P-pylvään paitsi kilometrimeron ja juoksevan numeron väliin laitetaan X-kirjain. Esim. 24X1, 435X12 jne.

IM-pylväät

IM-pylvästä käytetään imumuuntajatelineessä, joka muodostuu kahdesta IM-pylvästä (jalasta) ja kolmesta niiden välisestä orresta. Imumuuntajateline on sijoitettava erotuskentän siirtymäjälteen keskivaiheille. Eri raiteiden imumuuntajatelinet on sijoitettava kohdakkain telineiden välille vedettävien ylitysjohdimien takia.

IM-pylvään pituus on normaalisti 10,26 m ja vastaava imumuuntajatelineen korkeus 10,4 m. IM-pylväs on rakenteeltaan samanlainen kuin I-pylväs ja sen paarrekoko on U 140. Imumuuntaja voidaan sijoittaa myös (erotuskentän välipyloväänä olevaan) P-pylväeseen vaihteenlämmitysmuuntajan tapaan.

5.7.1.4.2 Sijoitusperusteet

Seuraavat pylvään sijoitussäännöt johtuvat yleisistä määräyksistä (kohta 5.9), rautateiden erikoisolosuhteista sekä johdinten ja varusteiden sijoitussäännöistä. Pylvässijoitukseen liittyviä asioita on käsitelty myös kohdassa 5.7.1.4.1.

- Pylväs on sijoitettava riittävän etäälle tien reunasta, risteävästä johdosta yms.; etäisyydeksi on pyrittävä saamaan vähintään 5 m.
- Jännitteisten osien on täytettävä osan 5.9 mukaiset etäisyydet silloista, katoksista, rakennuksista, opastimista ym.
- Opastimen näkyvyyden tulee olla riittävä. Tämä voidaan varmistaa esim. sijoittamalla lähin pylväs 5...10 m opastimen taakse.
- Pylvään etäisyyden raiteesta on täytettävä kohdan 5.6.2.1 vaatimukset ottaen huomioon mm. että
 - taulukkoarvot pyöristetään ylöspäin lähimpään kymmeneen cm:iin,
 - etäisyyteen on lisättävä toleranssit, mahdolliset levitykset (vaihteissa) sekä mahdollisesta perustuksen (portaalin) vinosta asennosta aiheutuva lisä,
 - on tarkistettava enintään 4,25 m korkeudella kiskon selästä sijaitsevien rakenteiden kuten erottimien ohjainkoteloiden ja kiristyspainojen ulottuvuus,
 - IM-pylvään ollessa erotuskentän välipylväänä sen minimietäisyys on 3,1 m, muuten 3,5 m (vrt. kohta 5.6.2.1)
 - vaihteenlämmityspylvään minimietäisyys on 3,5 m. Sijoituksessa tulee huomioida sähkökeskusten edessä tarvittavat työskentelyalueet.
 - kehäportaalin jalkaväli (keskeltä keskelle) on tasametrejä.
- Laiturien pylvässijoituksessa on otettava huomioon erityisesti ajoneuvo-liikenne: pylväsetäisyydeksi on valittava 4,8...5,8 m sekä on vältettävä sijoittamasta pylvästä kuormauslaiturille. Laiturien pylvässijoitukseen liittyviä asioita kuten vaara-alueen mittoja on käsitelty myös kohdassa 5.6.2.1.
- Mikäli ratapihan valaistukseen käytetään ratajohtopylväitä, pylväsväli (johdinjänne) saa olla normaalisti enintään 60 m laiturialueella ja 65 m muualla. Valaisimien asennusta ratajohtopylväisiin on kuitenkin vältettävä.
- Pylvään perustuksen vaatima etäisyys silloista, rummuista, rakennuksista, kaapeleista ym. on otettava huomioon; erikoisperustusten tarvetta on vältettävä.

- On vältettävä sijoittamasta pylvästä välittömästi raidepuskimen taakse, raiteensulun viereen tai muuhun paikkaan, jossa vaurioitumisvaara on tavallista suurempi.
- Johtimien sijoitussäännöistä johtuvat seuraavat vaatimukset:
 - Pylväs on sijoitettava sähköistettävän vaihteen matemaattisen pisteen lähelle (kohta 5.7.1.5.3).
 - Pylvään paikkaa voi rajoittaa jänteiden sallittu maksimipituus sekä pituusero (kohta 5.7.1.5.2).
 - Kiristyskentän siirtymäjanteen tulee olla määrämittainen, normaalisti 60 tai 55 m (kohta 5.7.1.3.1).

5.7.1.4.3 Kannatusrakenteen valinta

Ratajohdon kannatusrakenne valitaan kohdassa 5.7.3. määriteltujen laskentamallien perusteella.

Pylväiden ja portaaliorsien kuormitukset on laskettava kohdassa 5.7.3.1 esitettyjen kuormitustapausten mukaan.

5.7.1.4.4 Perustukset

Perustuksen tyyppi ja koko määräytyy pylvästyypin, perustuksen kuormituksen ja maaperän perusteella. Perustuksen määräävä kuormitustapaus voi olla eri kuin pylvään.

Perustusten suunnittelussa ja rakentamisessa on noudatettava Liikenneviraston ohjeita.

Perustuksen pinnan korkeudeksi on valittava normaalisti kv+10 cm. Laiturilla voidaan valita taso kv+60...85 cm ja rautatiesillalla, korkealla penkereellä ym. esimerkiksi kv-40 cm. Perustuksen pinnan noustessa viereisen raiteen kiskotason yläpuolelle on tarkistettava perustuksen etäisyys raiteesta kohdan 5.6.2 mukaan.

5.7.1.4.5 Harukset

Kiristyspylväänä oleva I-pylväs on harustettava (liite 3). Perustuksen keventämiseksi myös P-pylväs voidaan harustaa.

Harusta ei tule sijoittaa laiturille eikä muuhunkaan paikkaan, jossa joudutaan usein kulkemaan. Ratapihoille mahdollisesti tulevat harukset on selvitettävä tapauskohtaisesti.

Haruksen etäisyyden tiestä sekä raiteen keskiviivasta tulee täyttää pylväälle asetetut vaatimukset. Harus on sijoitettava Liikenneviraston alueelle ja vähintään 1 m etäisyydelle rakennuksista, opastimista, kaapeleista ym.

Rataa vastaan kohtisuoraa harusta (poikittaisharusta) voidaan käyttää esim. raskaasti kuormitetun ulokepylvään tukemiseen. Erityisesti raiteen yli harustettaessa on otet-

tava huomioon ATU (RATO 2) sekä kohdan 5.9 mukaiset etäisyydet jännitteisistä rakenteista.

Harus on vähintään 2 x 25 mm² teräsköyhtä. Harusankkurina on maahan kaivettu betonilaatta paitsi kalliossa, sillassa ym. pelkkä teräslenkki.

Harus on varustettava haruseristimellä (liite 22), jos

- harus tulee maakaapelin lähelle (haruksille sovelletaan samoja etäisyysvaatimuksia kuin pylvälle),
- pylväs varustetaan potentiaalin ohjauselektrodilla
- pylväs eristetään maasta.

Muussa tapauksessa on galvaanisen haruskorroosion estämiseksi sijoitettava teräsosien väliin galvaanisen yhteyden katkaiseva eristysholkki tms. eristyskappale.

Haruseristimen alaosan on oltava normaalissa asennossaan vähintään 3,5 m etäisyydellä maan pinnasta.

5.7.1.5 Johdinsijoitus

5.7.1.5.1 Ajojohtimen rakenne eri raiteilla

Ajolangan poikkipinta määräytyy liikennetiheyden perusteella: pääraiteelle on valittava 100 mm² ja sivuraiteelle normaalisti 80 mm² ajolanka.

Jos sivuraiteen ajolanka käy pääraiteella yksinään tai toisen langan alapuolella (esim. vaihde), sen poikkipinnan tulee olla 100 mm². Myös vilkkaasti liikennöidyille sivuraiteille voidaan valita 100 mm² ajolanka. Ajolangan poikkipinta tulee määritellä projektikohtaisissa suunnitteluperusteissa.

Ajojohtimen ripustustapa määräytyy raiteen ajonopeuden ja käytettävän ratajohtotyypin perusteella seuraavasti:

- Suurimman sallitun ajonopeuden ollessa yli 120 km/h käytetään ohjainta sekä yleensä Y-köyhtä (liite 12); Y-köyhtä ei tarvita
 - kääntöorsilla, joiden systeemikorkeus on alle 100 cm,
 - sivuunvientiorsilla (kiristyskentissä ja 1:9 vaihteissa),
 - kääntöorsilla, joiden etäisyys ryhmyseristimen tai erotusjakson keskipisteeseen on alle 15 m,
 - erikoistapauksissa esim. ajolangan nousun rajoittamiseksi kääntöorren lähellä sekä
 - kaarresäteen ollessa enintään 700 m.

- Ohjainta käytetään myös yli 80 km/h ajonopeuksilla, mutta yleensä alle 80 km/h nopeuksilla vain poikkeustapauksissa, esimerkiksi suuren kulma-voiman takia (liite 19).
- Y-köydetöntä ohjaimellista ajojohdinta voidaan käyttää erikseen sovitulla rataosilla.

5.7.1.5.2 Jänteen pituus ja siksakit

Jänteen maksimipituus on 65...71 m ja se riippuu ratajohtotyypistä sekä rataosakohtaisista vaatimuksista. Tärkeintä on, että ajojohtimen dynaamiset ominaisuudet ja samalla virranotto pysyvät hyvinä (ks. kohta 5.6.3).

Suurin jännepituus erotuskentän siirtymäjänteessä ja sivuunvientijänteessä on 55 m sekä 60 m suljetun kentän siirtymäjänteessä ja sivuunvientijänteessä.

Ei ole suositeltavaa tehdä kiristysvälin tavallisia jäniteitä samanpituuisiksi. Tämä saattaisi jollakin nopeudella lisätä virroittimen pystyliikkeen amplitudia. Jännepituuden ylittäessä 65 m enintään 3 samanpituista jännettä saa olla peräkkäin, minkä jälkeen jännepituutta täytyy muuttaa vähintään 4 m.

Yleisinä rajoittavina tekijöinä jännepituuteen ovat jääkuorman aiheuttama riippuma, tuulen aiheuttama ajolangan sivuttaissiirtymä sekä ajojohtimen dynaamiset ominaisuudet (joustavuuden tasaisuus). Lisäksi jännteen pituutta voivat rajoittaa seuraavat paikalliset tekijät:

- ajolangan normaalia pienempi korkeus esim. sillan alituksessa
- pienennetty systeemikorkeus esim. tunnelissa ja sillan alituksessa
- kaarre
- epätavalliset siksakit sekä
- pistemassat, kuten ryhmyseristimet, jolloin määrääväksi tulee pienin sallittu ajojohtimen rakennekorkeus tai ripustimen pituus.

Rajoittavana tekijänä voi olla myös peräkkäisten jänneiden pituusero, joka saa olla enintään 15–20 m (ratajohtotyypikohtainen) seuraavissa tapauksissa:

- Y-köysiripustetuilla ajojohdinjänteillä,
- P- ja R-pylväisiin kiinteästi (rolla- tai tukieristin) sijoitettujen muiden johtimien jännteillä sekä
- muillakin jännteillä silloin, kun rajoituksen noudattaminen ei aiheuta muita haittoja.

Ajolangan tasaisen kulumisen vuoksi on ohjaimen noste pyrittävä saamaan riittävän suureksi, vähintään n. 20 N:ksi. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siirtymäkaari-alueiden sekä vaihteiden siksakeihin.

Siksakin valinnalla voidaan vaikuttaa kohdassa 5.9 esitettyjen minimimittojen täytymiseen opastimista, laiturikatoksista ym. kohteista. Vierekkäisille raiteille on pyrittävä valitsemaan samat tai samansuuntaiset siksakit, jotta johtimet kääntöorsineen saataisiin mahdollisimman etäälle toisistaan.

Erikoisvarusteet kuten erotusjaksot ja ryhmityseristimet aiheuttavat siksakeille omat erityisvaatimuksensa (kohdat 5.7.1.3.5 ja 5.7.1.3.6), samoin vaihteet. Näissä kohdissa noudatetaan ratajohtotyypikohtaisia suunnittelu- tai viimeistelyohjeita.

5.7.1.5.3 Ajojohtimet vaihteissa

Vaihteen kohtaamisalueella pitää molempien ajolankojen olla normaalisti virroittimen keskiviivan samalla puolella. Kohtaamisalueena pidetään liitteen 9 mukaisella virroittimella ajolangan etäisyysaluetta 55...105 cm sähköistettävän raiteen keskiviivasta. Poikkeustapauksissa saa ajolanka olla kohtaamisalueella enintään 10 cm virroittimen keskiviivan "väärällä" puolella johtimen lämpötilan ollessa +5°C. Tätä ns. kohtaamis sääntöä ei sovelleta sivuunvientijänteen ajolankaan, joka ei osu virroittimeen.

Varsinkin nopeasti ajettavissa vaihteissa on pyrittävä siihen, ettei lähin ajettava lanka ylitä 40 cm minkään sähköistettävän raiteen keskiviivasta lämpötilassa +5°C. Ehdotomana rajana on 46 cm, jota ei saa ylittää missään kohdan 5.7.3.1.1 mukaisessa sää- ja kuormatilassa (vrt. kohta 5.6.4).

Siksakeja valittaessa on otettava huomioon, ettei tavallinen ohjain saa mennä normaalisti enempää kuin 10 cm (suunnitteluarvo) raiteen keskiviivan yli (vrt. liite 17). Lisäksi ohjaimelle on varattava ajojohtimen lämpöpitenemisestä johtuva liikevara, niin ettei ohjain kosketa viereiseen ajolankaan tai sen ohjaimeen johtimen lämpötilan vaihdellessa.

Suoraan menevän raiteen siksakiksi on pyrittävä valitsemaan 0..10 cm ja poikkeavan raiteen siksakiksi 10...30 cm, 5 cm:n portain, suoraan menevästä raiteesta mitattuna.

Nopeasti ajettavilla (≥ 80 km/h) raiteilla on parempi käyttää ns. saksalaistyyppistä vaihteen sähköistystapaa, jossa toisen ajolangan nousu virroittimen päälle on varmistettu risteämätangoilla ja vaihtoripustimilla (ristiripustimilla). Risteämätankoa ei saa missään tapauksessa käyttää toisen ajojohtimen oikeaan korkeuteen pakottamiseen. Ajolankojen siksakit vaihdepylväällä ovat n. 30 cm vastakkaisiin suuntiin. Vaihtoripustimilla yhdistettävät ajojohtimet saavat liikkua toisiinsa nähden enintään 60 cm lämpötilan vaihdellessa välillä -40...+50°C.

Kohtaamisalueella ei sallita muita pidikkeitä kuin ripustimen pidike, ei kuitenkaan vaihtoripustimen pidikettä (saksalainen tapa). Erityisesti ohjaimen päässä olevan kannatuspidikkeen sijainti on varmistettava johtimen lämpötiloissa -40...+50°C. Kuitenkin vähintään 3 cm viereistä ajettavaa lankaa ylempänä olevan ajolangan kannatuspidikkeen voidaan sallia tulevan kohtaamisalueelle. Virtaliitäntä on lisäksi pyrittävä sijoittamaan etäisyydelle 0,5...2 m ripustimesta siten, että liitäntäkohdalla ajojohtimien väli on 20...60 cm (liite 30).

Sivuraiteen ajolanka on tavallisessa vaihteessa (esim. YV54-200N-1:9) sijoitettava 3...5 cm ylemmäksi kuin pääraiteen lanka. Tämä pienentää pääraidetta kulkevan virroittimen ja sivuraiteen ajolangan välistä törmäysriskiä sekä mahdollistaa ajolankojen risteämisen.

Pääraiteen vaihteessa saavat ajolankojen köysivoimat muuttua enintään 1 kN lämpötilan vaihdellessa välillä $-40...+50^{\circ}\text{C}$, jotta ajolankojen (staattinen) korkeusero pysyisi riittävänä. Sivuraiteiden vaihteissa köysivoimat saavat muuttua koko kiristysvälille sallitun määrän.

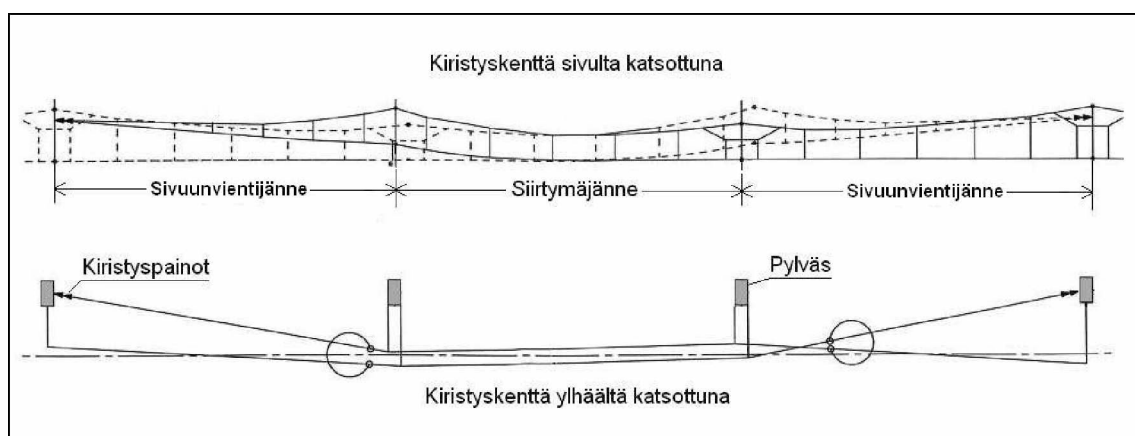
Vaihteen kaksoiskääntöorsien järjestys on pyrittävä valitsemaan sellaiseksi, että orret kääntyvät poispäin toisistaan johtimien lämmitessä. Kaksoisorsien systeemi- korkeudet on valittava riittävän erisuuriksi, etteivät kannattimet hankaa toisiaan tai toistensa kääntöorsia. Ryhmyseristimellisen jänteen systeemi- korkeuksien tulee olla niin suuret, että ryhmyseristimen kohdalle saadaan vaadittu rakennekorkeus.

Ryhmyseristimen ollessa jänteen keskellä sen ripustimesta mitatut etäisyydet viereisiin ajojohtimen ripustimiin eivät saa poiketa toisistaan enempää kuin 2 m. Tarvittaessa on muutettava ripustinjakoa. Myös nopeasti ajettavan vaihteen kohtaamisalueiden keskivaiheilta on ripustimet pyrittävä siirtämään niin etäälle kuin ripustinväli sallii. Tällöin kohtaamisalueella on käytettävä normaalia suuremman kallistuskulman sallivia erikoisripustimia (kohta 5.7.2.5).

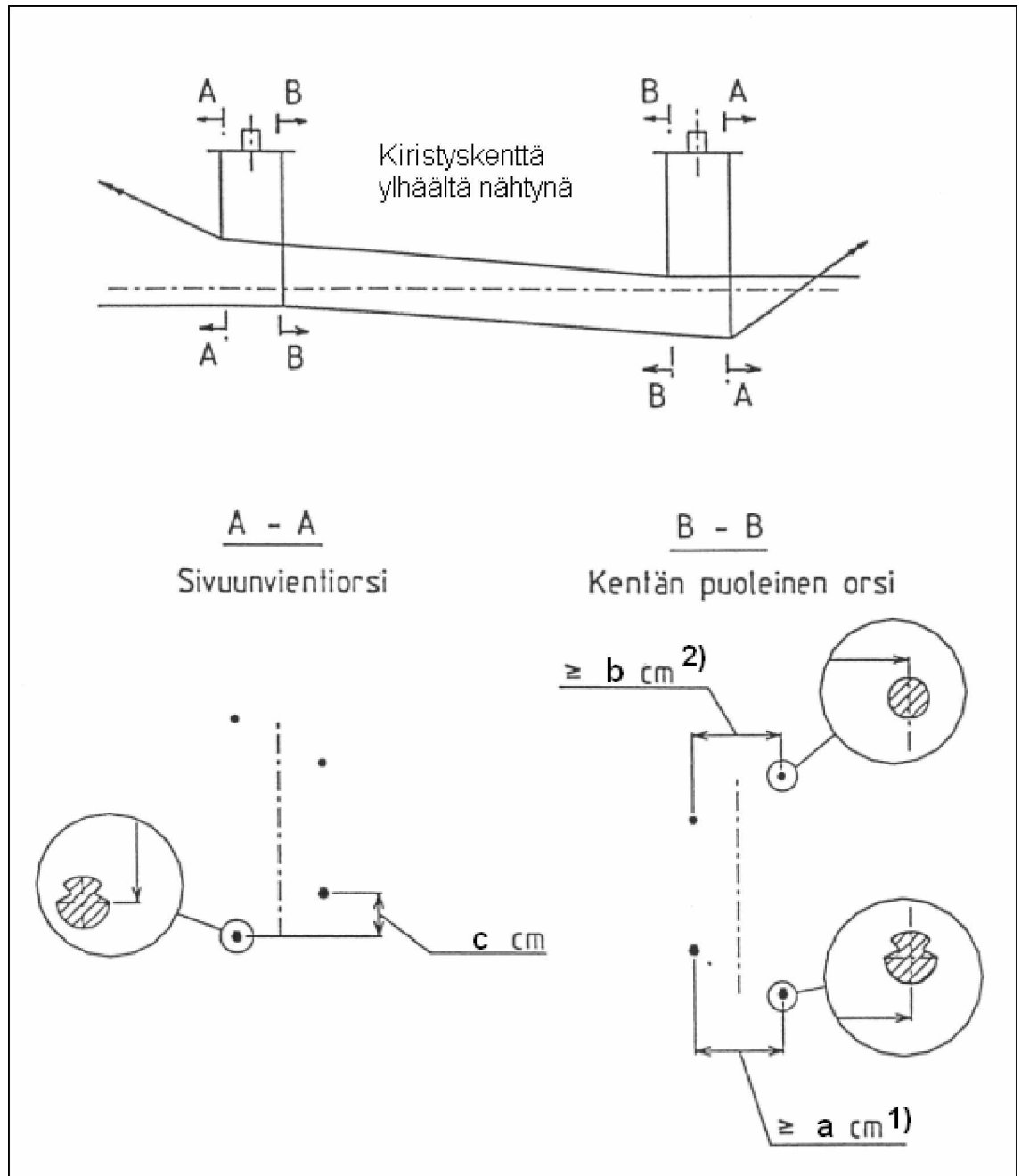
Risteämätankoa voidaan käyttää myös perinteisessä sähköistystavassa, jos esim. risteämätanko varmistaa toisen ajolangan nousun virroittimen päälle tai jos sivuunvievä ajojohdin pyrkisi muuten nousemaan liikaa virroittimen nostaessa. Risteämätangon käytössä on otettava huomioon vaatimukset, jotka on esitetty edellä ns. sak-salaistyyppisen sähköistystavan yhteydessä.

5.7.1.5.4 Ajojohtimet kiristyskentissä

Kiristyskenttä sisältää tavallisesti kolme jännettä: siirtymäjänteen ja kaksi sivuunvientijännettä, joiden päässä on kiristyslaite (kuva 5.7.1). Kiristyskentän siirtymäjännteessä ajolankojen ja kannattimien keskinäiset etäisyydet ovat eri kiristyskenttä- ja ratajohtotyypeille kuvan 5.7.2 ja taulukon 5.7.5 mukaiset.



Kuva 5.7.1 Johtimien asettelu kiristyskentän siirtymäjännteessä; suljetussa kentässä yksi virtaliitäntä ja erotuskentässä kaksi potentiaaliliitäntää



Kuva 5.7.2 Ajolankojen ja kannattimien keskinäinen asema kirstyskentän siirtymä-
jälkeen ripustuskohdissa

1) Erotuskentän molempien ajolankojen siksakkien on oltava lisäksi sallitun toleranssin ± 3 cm puitteissa. Sivuvientiorren ajolangan siksak määrätään ajokelpoisen ajolangan siksakin ja ajolankojen vaaka-
etäisyyden avulla.

2) Kannattimien välinen maksimivaakaetäisyys määrätään ajolangan ja kannattimen välisen sallitun vaa-
kapoikkeaman perusteella

Taulukko 5.7.5 Ajolankojen ja kannattimien keskinäinen asema kiristyskentän siirtymäjälteen ripustuskohdissa, vrt. kuva 5.7.2

Rata- johto- tyyppi	VRR220		SR220 S71 SR160 SR80		SR70	
Mitta	Erotuskenttä	Suljettu kenttä	Erotuskenttä	Suljettu kenttä	Erotuskenttä	Suljettu kenttä
a	≥ 43cm	≥ 14cm	≥ 43cm	≥ 14cm	≥ 43cm	≥ 14cm
b	≥ 43cm	≥ 14cm	≥ 43cm	≥ 14cm	≥ 43cm	≥ 15cm
c	(32-36)+4...-0	(32-36)±2	50+4...-0	50±2	40+2...-0	40+2...-0

5.7.1.5.5 Ajojohtimen ripustimet

Ajojohtimen ripustinjako tulee suunnitella ajojohdintyyppin vaatimusten mukaisesti. Normaalijälteiden ripustinjaosta voidaan joutua poikkeamaan mm.

- vaihteissa, erityisesti nopeasti ajettavissa,
- ryhmityseristimellisessä jälteessä,
- keskiankkurointiköyden ym. ristetessä ajojohdinta sekä
- matalan sillan alituksessa ajojohtimen rakennekorkeuden mennessä pienemmäksi kuin sallittu ripustinpituus.

5.7.1.5.6 Kääntöorret ja kiristyslaitteet

Ajojohdin kiinnitetään nivelöityihin kääntöorsiin sekä varustetaan kiristyslaitteilla, jotta ajojohtimen köysivoimat ja riippumat pysyisivät mahdollisimman vakioina.

Kääntöorsille on varattava ajojohtimen lämpöpiteneimisestä johtuva kääntymisvara toisten kääntöorsien ym. kohteiden suhteen.

Kannattimellisen ajojohtimen kääntöorren pituus on valittava normaalisti väliltä 200...500 cm. Lyhyempiä orsia voidaan joutua käyttämään esim. vaihteissa ja tunneleissa. Tällöin on tarkistettava kääntöorren kääntymisen aiheuttama johtimen ja varsinkin ohjaimen pään sivuttaissiirtymä raiteen keskiviivaan nähden (vrt. kohta 5.6.4.2.1) sekä ajolangan köysivoiman muutos (vrt. kohdat 5.7.1.3.1 ja 5.7.1.5.3). Tunnelissa lämpötila voi vaihdella tavallista vähemmän, mutta toisaalta kiristysväli on voitu valita normaalia pidemmäksi (kohta 5.7.1.3.1).

Mikäli kääntöorren suunniteltu pituus ylittäisi 500 cm, pyritään pylvään ja kääntöorren väliin sijoittamaan konsoli. Mikäli konsolia ei voida käyttää (esim. kaksoiskääntöorret), on tarvittaessa käytettävä normaalia pidempää kääntöortta.

Portaalin jalan viereisten raiteiden kääntöorret on pyrittävä sijoittamaan jalkaan. Paitsi kääntöorren pituus myös viereinen johdin, vaihteenlämmitysmuuntaja ym. voi vaatia kääntöorren siirrettäväksi pois portaalin jalasta portaaliirteen (vrt. kohta 5.7.1.5.7).

Portaaliorteen sijoitettu kääntöorsi ripustuspalkkeineen on saatava myös viereisen raiteen ATUn ulkopuolelle. Normaalisti tämä voidaan varmistaa valitsemalla sen tyyppinen kääntöorsi, että kääntöorren osat sekä ripustuspalkki tulevat ylemmäksi kuin ajolanka. Kannattimellisen ajojohtimen ripustuspalkin etäisyydeksi ko. sähköistettävän raiteen keskiviivasta voidaan valita normaalisti 200 cm (puristusorsi) tai 250 cm (veto-orsi).

Eri sähköistä ryhmää olevien kääntöorsien välille on pyrittävä saamaan huoltotyökentelyn vaatima etäisyys (toisen ryhmän orren ollessa jännitteinen). Lisäksi on otettava huomioon kohdan 5.9 mukaiset etäisyydet maan pintaan, opastimiin, laituri- katoksiin, kallioleikkauksiin ym.

Lisäksi on tarkistettava ripustuspalkin kestävyys ja taipuma, varsinkin kiristyskentässä ja vaihteessa. Jos ripustuspalkin kestävyys tai taipuma ylittyy, voidaan tarvittaessa käyttää kahta ripustusputkea, jotka yhdistetään kaksoiskääntöorren välipalkilla. Ajojohtimen säätövarat on tarkistettava kohdan 5.6.4 mukaan.

Ohjainta tulee kuormittaa vedolla. Tämä määrääkin, milloin on valittava veto- ja milloin puristusorsi. Jos ajolangan kulmavoima on nolla, on valittava veto-orsi. Ratkaisu ohjaimellisen ja ohjaimettoman orren välillä on tehtävä käytönrajojen, raiteen käyttö- tarkoituksen (pää-/sivuraide) sekä kohdan 5.7.1.5.1 mukaan. Ohjaimen käyttö tulee määritellä projektikohtaisissa suunnitteluperusteissa.

Normaaliorsien systeemikorkeudet vaihtelevat välillä 100...200 cm, tavallisin arvo on 160 cm. Sillanalitus- ym. erikoisorsien systeemikorkeudet vaihtelevat välillä 25...100 cm. Alle 25 cm systeemikorkeus saadaan tarvittaessa

- rajoittamalla ohjaimen nousua (nousunrajoitinruuvilla tai sivutuen kaltevuudella),
- käyttämällä erilaista ohjainta tai
- sijoittamalla ajolanka ja kannatin omille kääntöorsilleen.

Käytettäessä alle 20 cm systeemikorkeuksia on ko. alueella valittava kannatinmateriaaliksi normaalisti ajolanka virroittimen aiheuttaman kulumisvaaran takia. Erikoistapauksissa voidaan Liikenneviraston luvalla sijoittaa kannatin samalle korkeudelle kuin ajolanka (esim. sillanalitus), jolloin sen materiaaliksi täytyy valita ajolanka alueella, jossa virroitin voi sitä kuluttaa.

Pieniä systeemikorkeuksia käytettäessä voidaan joutua jättämään ripustimia pois sekä käyttämään normaalista poikkeavaa ripustinjakoa (kohta 5.7.1.5.5).

Ajojohtimen kiristysvälit on varustettava normaalisti kiristyspyörästöillä. Pienen tilan vaativaa pneumaattishydraulista kiristyslaitetta tai jousikiristyslaitetta voidaan käyttää esim. tunnelissa (liite 47).

Painokiristyslaitteistoja on kahta perustyyppiä (liitteet 44, 45 ja 46):

- yhdellä kiristyspyörästöllä ja tasauslevyllä toteutettu kannattimen ja ajolangan yhteiskiristys ja

- kahdella kiristyspyörästäöllä toteutettu kannattimen ja ajolangan erillis-kiristys.

Kiristyspyörästäön kiristyspainoiksi on pyrittävä valitsemaan betonipainot. Halkaisijaltaan pienempiä valurautapainoja voidaan joutua käyttämään esim. ahtaassa rai-devälissä sekä (ulkonäkösyistä) laiturialueella. Kiristyspyörästäön sijoittamista laitu-rille on kuitenkin kaikin tavoin vältettävä.

Käytettäessä johtimien kiristämiseen I-pylvään vakioireikiä, kiristyspyörästäön kiinni-tyskorkeudeksi perustuksen pinnasta on valittava 750 cm (kiristyskenttä) tai 710 cm (vaihide). Muissa tapauksissa voidaan kiinnityskorkeus valita portaattomasti, tarvit-taessa em. mittoja alemmaksikin, mutta tällöin on tarkistettava, että kiristyspainoille jää tarpeeksi ajojohtimen lämpöpitenemisen vaatimaa liikkumisvaraa. Erityisesti on tarkistettava, ettei kaksoiskääntöorren kiinnityspalkki tai muu rakenne estä kiris-tyspainojen tarpeellista liikkumista.

5.7.1.5.7 Muut 25 kV:n johtimet

Ajojohtimen lisäksi 25 kV johtimia ovat ajojohtimeen liitettävät syöttö-, ohitus-, ryh-mitys-, radanylitys- ja liitäntäjohtimet sekä säästömuuntajajärjestelmässä vastajoh-din.

Nämä johtimet on pyrittävä sijoittamaan niin etäälle toisistaan sekä ajojohtimista, ettei yhteen johtimeen kohdistuvan työskentelyn aikana jouduttaisi kytkemään mui-takin johtimia jännitteettömäksi.

Johtimien joutuessa toistensa lähelle esim. sillan alituksessa on tarkistettava kohdan 5.9 mukaiset vapaat ilmapäälit ottaen huomioon, että eri sähköistä ryhmää olevien joh-timien välille vaaditaan normaalia suurempi etäisyys. Erottimen avausvälin kanssa rinnan olevan eristimen jännitekestoisuusvaatimukset riippuvat lisäksi jännitteiden vaihe-erosta.

Johtimen etäisyyksiin vaikuttavia määrääviä riippumia laskettaessa on otettava huo-mioon johtimen virumasta, haruksen myötämisestä, asennusepätkätkuudesta ym. johtuva köysivoiman toleranssi sekä enintään viisi jännettä sisältävän johtimen kiris-tyspylväiden jousto (vrt. kohta 5.7.1.4.3).

Ajojohtimeen kiinnitettäviä liitäntäjohtimia käytetään virta- ja potentiaaliliitännöissä (kohta 5.7.2.5). Liitännän sijoituksessa on otettava huomioon seuraavat näkökohdat:

- Ajettavassa ajolangassa oleva liitin ei saa tulla etäisyysalueelle 55...105 cm sähköistettävän raiteen keskiviivasta. Ajojohtimen lämpöpitenemisen vaiku-tus on otettava huomioon.
- Liitännällä yhdistettävien ajojohtimien vaakaetäisyys liitännän kohdalla on pyrittävä saamaan rajoihin 20...60 cm.
- Liitäntä on pyrittävä sijoittamaan etäisyydelle 0,5...2 m lähimmästä ripusti-mesta.

Vastajohdin pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle ajojohdinta induktanssin pienentämiseksi. Vastajohtimen periaatteellinen sijainti on esitetty kuvassa 5.5.2.

5.7.1.5.8 Paluujohdin

Paluujohdin on muodostettava normaalisti kahdesta osajohtimesta. Osajohtimet on sijoitettava keskimäärin vähintään 80 cm etäisyydelle toisistaan. Paluujohdin on pyrittävä sijoittamaan vastaavan ajojohtimen lähelle, mutta ylemmäksi kuin ajojohdin.

Avoradalla paluujohdin voidaan sijoittaa pylvään takareunaan tai tarvittaessa vaakapalkille pylvään huippuun. Laitureilla ja ratapihoilla voidaan paluujohdin sijoittaa konsolille tai portaaliiorrelle.

Tarkistettaessa kohdan 5.9 mukaisia etäisyyksiä opastimista, kallioleikkauksista, risteävistä johtimista ym. on otettava huomioon kohdassa 5.7.1.5.7 esitetyt johdinriipuman virhetekijät.

Paluujohdin on kytkettävä imumuuntajan toisiopuolen kanssa sarjaan ja liitettävä paluukiskoon (PKL:llä) imumuuntajavälin keskivaiheilla, enintään 1,3 km etäisyydellä imumuuntajasta. Perustellusta syystä voidaan Liikenneviraston luvalla käyttää pitempää etäisyyttä.

Liikenneviraston luvalla kaksiraiteisella radalla voidaan paluujohtimien osajohtimet yhdistää yhdeksi poikkipinnaltaan suuremmaksi johtimeksi pylvälle syntyvän tilanpuutteen takia.

5.7.1.5.9 Reduktio-, kiskonvarmistus- ja M-johdin

Pylväiden maadoittamista varten paluujohtimen alapuolelle sijoitetaan ns. M-johdin. Se yhdistetään jokaiseen pylvääseen ja maadoitetaan paluukiskoon (MKL:llä) enintään 215 m välein kohdan 5.9 mukaisesti.

Viestijohtoihin häiriöitä aiheuttavan maavirran pienentämiseksi on alemman paluuosajohtimen ja M-johtimen välisen etäisyyden oltava 1-raiteisella radalla n. 2 m ja 2- tai useampiraiteisella radalla 0,8...1,0 m.

Joiltakin rataosilta on imumuuntajat jätetty pois. Tällöin radan impedanssin pienentämiseksi paluukiskon rinnalle on asennettu ns. reduktiojohdin (R). Reduktiojohdin on yhdistetty paluukiskoon varmistetusti (RKL:llä) 300...500 m välein. R-johdinalueella jokainen pylväs on maadoitettu suoraan paluukiskoon.

Kiskonvarmistus- (K-) johdinta on käytetty alueilla, joissa paluuvirtatienä on vain yksi paluukisko. Tällaisia alueita voivat olla esim. yksiraiteisen radan yksikiskoisesti eristetyt raideosuudet kuten tulo-opastimen ja vaihteen väli sekä varoituslaitteilla varustetun tasoristeyksen lähiympäristö. K-johdin on yhdistetty varmistetusti paluukiskoon (KKL) alueen päissä ja 300 m välein. K-johdinalueella jokainen pylväs on maadoitettu suoraan paluukiskoon.

Nykyisin M-johdinta käytetään myös kohteissa, joissa aiemmin olisi käytetty R- tai K-johdinta. Muutostöiden yhteydessä R- ja K-johtimet voidaan muuttaa M-johtimiksi.

5.7.2 Rakenteiden ja komponenttien suunnittelu**5.7.2.1 Yleistä**

Yhteenvedo ratajohdossa yleisesti käytetyistä johtimista, köysistä ja langoista on esitetty taulukossa 5.7.6.

Taulukko 5.7.6 Yhteenvedo ratajohdossa käytetyistä johtimista

JOHDIN, KÖYSI JA LANKA	Koko mm ²	Standardi	Aine	Tunnus
Ajolanka	100 80	EN 50149 EN 50149	Kupari Kupari	
Kannatin	50 70	DIN 48201-2 DIN 48201-2	Pronssi Pronssi	50 Bz 70 Bz
Y- ja maadoitusköysi sekä ohjaimen köysi	25	SFS-EN 13602	Kupari	25 Cu
Ripustin - köysi - lanka 16 mm ²	10 16	DIN 43138 SFS-EN 13602	Tinapronssi Kupari	
25 kV virtaliitännät	120 (95) 120	DIN 43138 SFS-EN 13602	Kupari Kupari	120 (95) CuF 120 Cu
25 kV potentiaali- liitännät	25	DIN 43138	Kupari	25 CuF
Teräsköydet - harusköysi - ankkurointiköysi	25 52 52	SFS 5701 SFS 5701 SFS 5701	Sinkitty teräs Sinkitty teräs Sinkitty teräs	St 25 St 52 St 52
Kiristyspyörästäön köysi - Ø8 mm - Ø9 mm	26,5 50	BS 2 W 11 DIN 3051 Osa 1	Ruostumaton teräs Sinkitty teräs	56 PNC
Paluu- ja M-johdin sekä liitännät	107 201	SFS 5701 SFS 5701	Alumiini Alumiini	AAC 107 AAC 201
Syöttö- ja ohitusjohdin.	234	SFS 5701	Alumiini/Teräs	ACSR 201/33
Vastajohdin	177	SFS 5701	Alumiini/Teräs	ACSR 152/25
Ajolangan ja kannattimen välinen keskiankkurointiköysi	50 70	DIN 48201-2 DIN 48201-2	Pronssi Pronssi	50 Bz 70 Bz

5.7.2.2 Ajolanka

Ajojohtimissa käytetään kahta ajolankakokoa. Pääraiteilla ajolanka on 100 mm² ja sivuraiteilla normaalisti 80 mm². Ratapihan tiheään liikennöidyillä sivuraiteilla voidaan käyttää 100 mm² ajolankaa. Samoin sivuraiteen ajolangan poikkipinnan on oltava 100 mm², jos lanka esimerkiksi vaihteissa käy pääraiteella toisen ajolangan alapuolella.

Ajolanka on standardin EN 50149 mukainen. Aine on kovaksi vedettyä elektrolyyttikuparia. Tekniset arvot ja päämitat on esitetty taulukossa 5.7.6 ja liitteessä 43. Jälkimmäisestä käy selville, että ajolangan V-uran kulma on yhtä suuri sekä 80 että 100 mm² ajolangalla. Tällöin mekaaniset ja sähköiset liittimet sopivat molemmille ajolangoille eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta.

Ajolangan kulumalle on määritelty raja-arvot. Kuluma saa olla normaalisti enintään 20 % alkuperäisestä poikkipinnasta. Sen lisäksi kiristysvälille sallitaan muutama paikallinen (ns. pistemäinen) enintään 30 % kuluma. Suunnittelussa tulee pistemäisen kulumisen vähentämiseksi välttää liian pieniä ohjaimen nosteita, liian suuria ripustinvoimia ja liian painavia pistekuormia (kohdat 5.7.1.5.2, 5.7.2.6.6.1 ja 5.7.2.15.5).

Ajolangan on kestävä suurin mitoitettu rasitus myös 30 %:n paikallisella kulumalla. Ajolangan kulumisen on huomioitava määrättäessä ajolangan ripustus- ja kannatuspidikkeiden sallittuja kallistuksia, jottei virroitin kosketa em. pidikkeisiin.

Ajolangat toimitetaan määrämittäisinä jokaiselle kiristysvälille. Ajolankaan ei saa asennusvaiheessa tehdä jatkoksia, lukuun ottamatta muutostöitä ja vauriotapauksia.

5.7.2.3 Kannatin

Kannattimen poikkipinta on sama sekä pää- että sivuraiteilla. Nykyisissä ratajohdoissa käytetään 50 mm² ja 70 mm² pronssikannatinta (Bz II). Aikaisemmin käytettiin standardin BS 2755 mukaista 50 mm² kadmiumkuperikannatinta, joka myöhemmin korvattiin 67 mm² tiivistetyllä kuparikannattimella 70 CuT, mutta näitä kannatintyypejä ei enää käytetä uudisasennuksissa.

Kannatin toimitetaan yleensä vakiopituutena, mutta jatkosten teko on sallittua.

5.7.2.4 Y-köysi

Y-köysi on standardin SFS-EN 13602 mukaista 25 mm² kuparijohdinta. Sitä käytetään myös joskus hitaasti ajettavilla raiteilla ohjaimen köytenä.

5.7.2.5 Ripustimet

Ripustimien rakenteen on oltava sellainen, että se sallii ajolangan esteettömän nousun ripustinta vahingoittamatta. Ripustin voidaan tehdä langasta tai köydestä. Lankaripustimet tulee tehdä kaksiosaiseksi, jolloin niissä on hahlomainen liitoskohta. Kun ajojohtimen rakennekorkeus on niin pieni, ettei lanka- tai köysiripustinta voida käyttää, valitaan kuparilatasta tehty liukuva ripustin (liite 13).

Ripustuspidikkeiden, joilla ripustin kiinnitetään ajolankaan, kannattimeen ja Y-köyteen, on oltava rakenteeltaan sellainen, että pidike voi kallistua 100 mm² kulumat-

tomassa ajolangassa 30° (80 mm² ajolangassa 25°) ennen kuin virroitin ottaa kiinni pidikkeeseen.

Ripustinköysi on 10 mm² taipuisaa pronssiköyttä DIN 43138-Bz II.

5.7.2.6 Kääntöorret

5.7.2.6.1 Yleistä

Ajojohdin kiinnitetään kannatusrakenteeseen (I-pylväs, portaalin jalka, ripustuspalkki tms.) kääntöorren avulla. Kääntöorren tehtävänä on ajojohtimen kannattamisen lisäksi siksakin aikaansaaminen. Kääntöorsi on nivelöity kiinnityskohdistaan siten, että se pääsee kääntymään vaakatasossa radan suunnassa kumpaankin suuntaan 90°. Tällöin kääntöorsi voi kääntyä ajojohtimen lämpöpiteneimisestä aiheutuvien liikkeiden mukaan, jotta ajojohtimen köysivoimat ja riippumat pysyvät mahdollisimman vakioina. Poikkeuksen muodostaa keskiankkurointiorsi, jonka kääntyminen radan suunnassa on estetty ankkurointiköyden avulla (liite 11).

Kääntöorsissa käytetään alumiinisia tai kuumasinkittyjä teräspyöröputkia.

Kääntöorsien pystyasemaa on voitava säätää portaattomasti.

Valmiissa ratajohdossa asennuksen jälkeen ajolankaa on voitava säätää sivuttaissuunnassa ± 90 mm lukuun ottamatta eräitä erikoisorsia, joissa säätövara voi olla pienempi tai sitä ei ole ollenkaan.

5.7.2.6.2 Päätyypit

Kääntöorret jaetaan kahteen päätyyppiin: normaali- ja erikoisorsiin. Normaaliorsia on kahta päätyyppiä. Englantilaistyyppisessä kääntöorressa kannatin kiinnitetään vaakatuon ylä- tai alapuolelle ja toisessa päätyypissä vinotukeen. Niissä tapauksissa, joissa normaaliorsia ei voida käyttää kuten esim. sillanalituksissa, tunneleissa tms., käytetään erikoisorsia. Nämä suunnitellaan kutakin käyttötarkoitusta varten. Kääntöorret on numeroitu tyyppin ja systeemikorkeuden perusteella.

Ajojohtimen kulmavoiman vaikutussuunnan mukaan normaali- ja erikoisorret jaetaan veto- ja puristusorsiin. Veto-orsissa ajolangan kulmavoima vaikuttaa kääntöorren kiinnityskohdasta ajojohtimeen päin (tai sen suuruus on nolla). Puristusorsissa ajolangan kulmavoima vaikuttaa päinvastaiseen suuntaan. Kulmavoima muodostuu suoralla radalla ajojohtimen siksakista ja kaarteissa kaarre- ja siksakvoimista.

Kääntöorsissa on kaksi tai kolme eristintä, jotka ovat kiinnityskohdan puoleisessa päässä. Kolmieristimiä orsia käytetään pääasiassa ratapihoilla portaali-orressa. Niiden rakenne on sellainen, ettei kääntöorsi ripustuspalkkeineen ulotu viereisen raiteen ATUn sisäpuolelle.

5.7.2.6.3 Pituus

Kääntöorsien pituus vaihtelee normaalisti 200...500 cm. Alumiinikääntöorsien pituuden yläraja on noin 500 cm. Poikkeustapauksissa käytetään lyhyempiä orsia. Veto- ja puristusorsien maksimipituudet määräytyvät kääntöorsiputkien ja alaeristimen lujuuden perusteella.

Ohjaimellisten veto-orsien minimipituuden määrää ohjaimen vaatima tila sivutuessa tai ohjaimen köydessä ajolangan ollessa nimelliskorkeudessa 615 cm. Korkeuden ollessa pienempi ATU määrää orren minimipituuden. Samoin ATU määrää ohjaimettoman veto-orren sekä ohjaimellisen että ohjaimettoman puristusorren minimipituuden.

5.7.2.6.4 Systeemikorkeus

Kääntöorsien systeemikorkeudet vaihtelevat seuraavasti:

- Normaali-orret; 100...200 cm. Tavallisin systeemikorkeus on 160 cm.
- Erikoisorret (sillan alitusorret tms.); 25...100 cm.

5.7.2.6.5 Ajolangan ripustustapa kääntöorteen

Ajolangan ripustustapa kääntöorteen määräytyy raiteen ajonopeuden perusteella. Jos ajojohtimen ajonopeus on < 80 km/h, kiinnitetään ajolanka sivutukiputkeen kannatuspidikkeen ja sivutuen hahlon avulla (liite 8). Ajojohtimen ajonopeuden ollessa ≥ 80 km/h käytetään ajolangan kiinnittämiseen ohjainta (liite 8). Ohjaimen tehtävänä on parantaa ajojohtimen joustavuutta ripustuskohdassa. Ohjainta käytetään poikkeuksellisesti myös nopeuksilla < 80 km/h, jos ajolangan kulmavoima on suuri.

5.7.2.6.6 Ohjain

5.7.2.6.6.1 Ohjaimen noste

Ohjaimen nosteen Po suunnitteluarvot on esitetty kunkin ratajohtorakenteen omissa suunnitteluohjeissa.

5.7.2.6.6.2 Ohjaimen vapaa nousu

Ohjaimet ja ohjaimen tuet suunnitellaan siten, että ajolangan vapaa nousu voi olla maksimissaan 270 mm ajonopeudesta riippuen. Pienemmille ajonopeuksille ajolangan vapaa nousu on noin 140...160 mm.

Kuitenkin esimerkiksi sillan alituskääntöorsissa voidaan joutua käyttämään pienempää ohjaimen vapaata nousua (100...150 mm) tilan puutteen takia. Saavutettava ohjaimen vapaa nousu selvitetään sijoitussuunnittelun yhteydessä kussakin tapauksessa erikseen.

5.7.2.6.6.3 Ohjaimen käytönrajat

Ohjaimien käytönrajoja määritettäessä huomioidaan seuraavat seikat:

- ajolangan vapaa nousu kohdan 5.7.2.6.6.2 mukainen.
- virroittimen kontaktiosa liitteen 9 mukainen.
- virroittimen sivuttaisheilahdus (on 260 mm kohtisuorassa suunnassa kallistetun raiteen keskiviivaan nähden kaikilla ajolankakorkeuksilla) ks. liitteet 17 ja 18
- ajolangan ja virroittimen hiilen kuluminen yhteensä 20 mm.
- Ohjaimen taipuma kulmavoiman ja ohjaimen pituuden funktiona.
- raiteen kallistus

- sallitut minimietäisyydet, liitteet 17 ja 18:
 - 75 mm virroittimen ja ohjaimen tuen sekä koukun välillä
 - 15 mm virroittimen ja ohjaimen muiden osien välillä

Sivuohjainputken pään etäisyyden virroittimesta on oltava vähintään 30 mm.

Käytönrajat määrittävät ohjaimen päiden minimikorkeuseron eri ohjainpituuksille ja siksakeille raiteenkallistuksen funktiona.

5.7.2.7 *Paluuvirtatien johtimet*

Paluujohdin on standardin SFS 5701 mukaista alumiinijohdinta AAC 107 tai AAC 201. Alumiinijohdinta AAC 107 käytetään myös reduktio-, kiskonvarmistus- ja M-johtimena. Näiden liitännäisjohtimet ovat alumiinijohdinta AAC 107 ja AAC 201.

5.7.2.8 *Muut 25 kV johtimet*

Syöttö- ja ohitusjohtimet ovat standardin SFS 5701 mukaista teräsalumiinijohdinta ACSR 201/33 tai alumiinijohdinta AAC 201. Vastajohtimet ovat standardin SFS 5701 mukaista teräsalumiinijohdinta ACSR 152/25.

Potentiaali- ja virtaliitännöjen johtimet ovat yleensä standardin DIN 43138 mukaisia taipuisia monisäikeisiä 25 mm² ja 120 mm² kuparijohtimia.

Ryhmitys- ja liitännäisjohtimena käytetään standardin SFS-EN 13602 mukaista kuparijohdinta 120 Cu. Ryhmitysjohdin voi olla myös alumiinijohdinta AAC 201.

Taulukko 5.7.7 Yhteenveto 25 kV syöttö-, ohitus-, ryhmitys- ja radanylitysjohtimien johtimista, kannatusrakenteista ja kiristysketjuista.

Johdin	Johtimen koko/ standardi	Kannatus- rakenne	Kiristysketju piir.nro
Syöttö-, ohitus- ja vastajohdin	AAC 201 SFS 5701 ACSR 201/33 (Ibis) ACSR 152/25 SFS 5701	Tukieristin R3-692 ¹⁾	P3-943 P3-241
Ryhmitysjohdin	120 Cu SFS-EN 13602 AAC 201 SFS 5701		P3-289 P3-943
Radanylitysjohtimet	120 Cu SFS-EN 13602 ²⁾ ACSR 201/33 (Ibis) SFS 5701 ³⁾		P3-289 P3-241

Taulukossa käytettävät piirustusnumerot viittaavat Liikenneviraston arkistosta saataviin tyyppikuviin.

- 1) Johdin sidotaan eristimen huippu-uraan tai kaulalle pehmeällä Ø4,0 mm alumiinilangalla piirustuksen P2-353 tai P2-229 mukaan.
- 2) Kaksiraiteisen radan imumuuntajien välinen 25 kV johdin
- 3) Syöttö- ja ohitusjohtimien sekä radan lähellä olevien syöttö- ja välilytkin-
asemien liittämässä ajojohtimeen käytettävä johdin.

Syöttö-, ohitus-, ryhmitys- ja radanylitysjohtimien kiristysketjuissa käytetään lautas- tai sauvaeristimiä.

5.7.2.9 *Eristimet*

Ratajohdossa käytetään seuraavia eristintyypppejä, joiden rakenne on esitetty liitteissä 20...22:

- Sauvaeristin: Kääntöorren eristimet, ajojohtimen kiristyseristin
- Tukieristin: 25 kV johtimien kannatuseristin, erikoiskääntöorsien eristin
- Rullaeristin: Paluujohtimen kannatuseristin
- Lautaseristin: Kiristysketjujen eristin; paluujohtimet ja 25 kV johtimet
- Haruseristin: Ratajohtopylväiden harukset.

Eristimien on täytettävä seuraavat vaatimukset:

- Eristimien ja ilmavälien on täytettävä kohdassa 5.9 esitetyt sähköiset minimivaatimukset.
- Eristimeen kohdistuva suurin mekaaninen kuormitus saa olla enintään 40 % eristimen mekaanisesta murtokuormasta. Tämä vaatimus koskee myös johtimen katkeamisesta aiheutuvia kuormituksia.
- Haruseristimen murtolujuuden on oltava vähintään yhtä suuri kuin siihen kiinnitettävän haruksen.
- Eristimien koestusmääräykset on esitetty IEC:n julkaisuissa 60383-1 ja -2 sekä 61109 ja 61952. Eristimiltä vaadittavat kokeet käyvät selville eristimien laatuvaatimuksista.
- Sauva-, tuki- ja rullaeristimien yläpään laippaan merkitään ennen lasitusta tyyppi- tai piirustusnumero, valmistajan merkki sekä valmistusvuosi ja -kuukausi. Lautaseristimiin merkinnät tehdään yleensä kappaan.

5.7.2.10 *Kiristyslaitteet*

Kiristyslaitteiden, jotka muodostuvat kiristyspyörästä ja -painoista sekä ketjusta, tehtävänä on eliminoida lämpötilanvaihteluista aiheutuva ajojohtimen riippuman muutos pitämällä ajojohtimen köysivoimat mahdollisimman vakiona. Poikkeustapauksessa käytetään pneumaattishydraulista kiristyslaitetta tai jousikiristyslaitetta. Ajojohtimen lämpötilan vaihtelualueeksi oletetaan -40°C...+50 °C, Pohjois-Suomessa -50°C...+50 °C. Tunneleissa sovelletaan todellisten olosuhteiden mukaisia lämpötiloja.

5.7.2.10.1 *Painokiristyslaitteisto*

Painokiristyslaitteistossa tulee olla kiristyspainojen ohjain, joka kiinnitetään pylväeseen. Ohjain estää painojen heilumisen tuulella ja kaatumisen johtimen katkeamistapauksessa. Erilaisia kiristyslaitteistoja on käsitelty tarkemmin eri ratajohtorakenteiden suunnitteluohjeissa (ks. liitteet 44...46).

Kiristyspyörästäön köysinä käytetään standardin B.S.2W.11 mukaista ruostumatonta taipuisaa $\varnothing 8$ mm teräsköyttä (SR 70) tai standardin DIN 3051 osan 1 mukaista sinkittyä 50 mm² teräsköyttä (S71 ym.). Kiristyspyörästäön kiristysketjun väliköysi on standardin SFS 5701 mukaista sinkittyä teräsköyttä St 52 (taulukko 5.7.6).

5.7.2.10.2 Pneumaattishydraulinen kiristyslaite

Pneumaattishydraulista kiristyslaitetta käytetään ajojohtimen kiristämiseen paikoissa, joissa ei ole tilaa kiristyspainoille, kuten esimerkiksi laitureilla, tunneleissa tms. Kiristyslaitteen rakenne käy selville liitteestä 47. Kiristyslaitetta on kolmea standardikokoa, joiden iskunpituudet ovat 50, 90 ja 125 cm.

5.7.2.10.3 Jousikiristyslaite

Jousikiristyslaitetta käytetään samoista syistä kuin pneumaattishydraulista kiristyslaitetta (ks. kohta 5.7.2.10.2 ja liite 47).

5.7.2.11 Ankkuroinnit

Keskiankkurointi asennetaan painojakson puoliväliin pitämään ajojohdin paikallaan radan pituussuunnassa. Sen rakenne varusteineen on esitetty liitteessä 11. Keskiankkurointiköysi kiinnitetään kannattimeen kannatuspidikkeessä. Ajolangan ja kannattimen välisiä ankkurointiköysiä käytetään estämään niiden keskinäinen liike ajojohtimessa, jossa ajolanka ja kannatin on kiristetty erikseen (liite 11).

Pääteankkurointi asennetaan kiristysvälin toiseen päähän ajojohtimen ollessa enintään maksimikiristysvälin pituinen. Sen rakenne varusteineen on esitetty liitteessä 10. Keskiankkurointiköysi ja ankkurointien kiristysketjujen väliköysi on standardin SFS 5701 mukaista sinkittyä teräsköyttä St 52 (taulukko 5.7.6). Jos keskiankkurointiköysi risteäisi kannatinta kääntöorrossa, erillisen keskiankkurointiköyden sijasta katkaistaan kannatin ja kiristetään sen päät keskiankkuroinnin kiristyspylväisiin (ks. liite 11, malli II).

5.7.2.12 Erotusjakso

Erotusjaksoa käytetään ajojohtimessa vierekkäisten syöttöalueiden rajalla, jossa erottimen avausvälin eri puolilla olevat jännitteet ovat yleensä erivaiheiset. Erotusjakso muodostuu kahdesta ajojohtimessa peräkkäin olevasta eristysosasta ja niiden väliin jäävästä maadoitetusta osasta. Erotusjaksolle asetetaan seuraavat vaatimukset:

- Erotusjakson läpi on voitava ajaa virroitinta alas laskematta molempiin suuntiin raiteen suurimmalla nopeudella.
- Erotusjakso on varustettava sellaisin valokaarisuojasarvin, että valokaari siirtyy niihin vahingoittamatta eristimiä, jos veturi vahingossa ajaa erotusjakson läpi ottaen täyden virran.

5.7.2.13 Ryhmityseristimet

Ryhmityseristimiä käytetään pääasiassa ratapihojen sivuraiteilla erottamaan sähköisiä ryhmiä toisistaan. Myös pääraiteilla voidaan käyttää ryhmityseristimiä.

Ryhmityseristimen alitse on voitava ajaa molempiin suuntiin sille suunnitellulla maksiminopeudella eikä virranotto saa katketa.

Ryhmityseristimen rakenteen on oltava sellainen, että se sammuttaa vikatilanteessa syntyvän valokaaren vahingoittamatta eristimen eristäviä osia tai rakennetta.

5.7.2.14 Sähköiset liitännät

5.7.2.14.1 25 kV virta- ja potentiaaliliitännät

5.7.2.14.1.1 Johtimet

25 kV virta- ja potentiaaliliitännöissä käytetään alla olevassa taulukossa esitettyjä taipuisia, monisäikeisiä DIN 43138 mukaisia kuparijohtimia sekä virtaliitännöissä myös SFS-EN 13602 mukaista 120 mm² kuparijohdinta.

Taulukko 5.7.8 Ratajohdoissa käytettävien virta- ja potentiaaliliitäntöjen johtimet

Johtimen		Käyttö
koko (mm ²)	standardi	
120	DIN 43138 SFS-EN 13602	Virtaliitännöissä kahden ajojohtimen ja ajojohtimen ja muiden johtimien sekä kojeiden välillä
120 (95)	DIN 43138	Virtaliitännässä kannattimen ja ajolangan välillä
25	DIN 43138	Potentiaaliliitännöissä

DIN 43138 mukaiset kuparijohtimet ovat rakenteeltaan helposti purkautuvia ja vahingoittuvia, joten niitä ei saa kuormittaa vedolla. Tästä syystä standardin SFS-EN 13602 mukaista harvasäikeistä kuparijohdinta 120 mm² käytetään pitemmissä ja vetokuormitetuissa virtaliitännöissä.

5.7.2.14.1.2 25 kV virta- ja potentiaaliliitäntöjen rakenne

Liitäntäjohtimien pituuden mitoituksessa ja asennuksessa on huolehdittava siitä, että ajojohtimen lämpöpitenemisestä aiheutuva liike ei aiheuta vetoa liitäntäjohtimiin. Samoin on varmistuttava siitä, että jännite-etäisyydet ovat riittävät kaikissa olosuhteissa. Erottimen ja ajojohtimen välinen virtaliitäntäjohdin on tuettava tukieristimeen erottimen navan lähellä köysivoiman eliminoimiseksi.

Kannattimien välisten liitäntäjohtimien silmukan alapään on oltava 25...30 cm ajokelpoisen ajolangan yläpuolella. Kannattimen ja ajolangan väliseen liitäntäjohtimeen tehdään ajojohtimen tasossa Z-mutka, jonka etäisyys ajolangasta on 1/3 ajojohtimen

rakennekorkeudesta (liite 37). Mutkan tehtävänä on estää liitäntäjohtimen kuormittuminen vedolla sekä pienentää liitäntäjohtimesta ajolankaan aiheutuvaa painoa.

5.7.2.14.2 Paluu- ja M-johtimen liitännät

Paluu- ja M-johtimen liitännät tehdään standardin SFS 5701 mukaisella alumiinijohdtimeilla AAC 107 (Oxlip) tai AAC 201 (Canna).

- Jokaisen imumuuntajan kohdalla paluujohdin katkaistaan ja paluuvirta johdetaan imumuuntajan kautta. Kaksiraiteisella radalla eri raiteiden paluujohtimet kytketään toisiinsa erottimien kautta radanylitysjohtimilla pääkaavion mukaisesti. Liitteissä 31 ja 32 on esitetty yksi- ja kaksiraiteisen radan paluujohtimien imumuuntajaliitännät.
- Paluu- ja M-johdin yhdistetään imumuuntajavälin keskellä PKL-pylvääseen (liite 39).
- Paluujohtimet yhdistetään syöttöaseman kohdalla radanylitysjohtimiin (liite 40).
- M-johdin yhdistetään jokaisessa kannatuskohdassaan pylvääseen (liite 42).
- Paluu- ja M-johdin yhdistetään vaihteen- tai vaununlämmitysmuuntajan yläjännitepuolen maaliittimeen.

5.7.2.15 Liittimet

5.7.2.15.1 Yleistä

Liittimille asetetut vaatimukset ja koestusmääräykset on esitetty standardissa SFS 2663.

5.7.2.15.2 Mekaaniset ominaisuudet

Vetorasitusten alaisten johdinjatkosten ja -päätteiden murtolujuuden on oltava vähintään 90 % jatkamattoman uuden johtimen murtolujuudesta. Liitos ja kiristyspidike eivät tällä kuormituksella saa muuttaa muotoaan. Samoin johdin ei saa luistaa liittimessä, eivätkä sen langat saa murtua.

5.7.2.15.3 Sähköiset ominaisuudet

Liitokset, kiristyspidikkeet ja virtaliittimet eivät saa lämmetä kuormitusvirralla enempää kuin johdin. Samoin niiden jännitehäviö ei saa ylittää SFS-standardissa 2663 annettuja arvoja ja sen tulee olla pienempi kuin vastaavan pituisen johtimen jännitehäviö. Liitoksien, kiristyspidikkeiden ja virtaliittimien on kestävä rikkoutumatta oikosulkuvirrat.

5.7.2.15.4 Raaka-aineet

Liittimet valmistetaan sellaisista raaka-aineista, jotka kestävät pitkäaikaisesti mekaaniset ja sähköiset kuormitukset sekä ympäristöolosuhteet. Yhteenliitettävien osien kosketuspotentialieron tulee olla mahdollisimman pieni, jotta galvaanista kosketuskorroosiota ei synny.

Kokemuksen mukaan seuraavat raaka-aineet soveltuvat virtaa johtavien osien valmistukseen:

- alumiinijohtimet (Al, Al/Fe):
 - alumiini, jonka puhtaus vähintään 99,5 %,
 - seosalumiini, joka ei sisällä enempää kuin 0,1 % kuparia, 0,2 % sinkkiä ja 0,5 % rautaa, esim. AlSiMg SFS 2593.
- kuparijohtimet:
 - sähköteknilinen kupari,
 - kupari-nikkeli-pii-seokset, esim. CuNi2Si DIN 17666.

5.7.2.15.5 Rakenne

Ajolankaan, kannattimeen ja Y-köyteen asennettavien liittimien rakenteen on oltava sellainen, että liittimet voidaan johtimia vahingoittamatta myöhemmin irrottaa: Puristusliitosten käyttö on sallittua, ja niitä on syytä käyttää etenkin monisäikeisten taipuisien kuparijohtimien liitännöissä.

Ajolankaan asennettavien liittimien painon on oltava mahdollisimman pieni, jottei ajolankaan synny massakeskittymiä. Nämä voivat aiheuttaa epätasaisuutta virroittimen kulussa ja mahdollisen irtoamisen ajolangasta. Tämä johtaa kipinäintiin ja siitä voi olla seurauksena ajolangan liukupinnan palaminen. Tämän vuoksi ajolankaan asennettavien liittimien paino ei saa ylittää seuraavia arvoja:

- $\leq 1,0$ kg; raiteen ajonopeus < 75 km/h
- $\leq 0,7$ kg; raiteen ajonopeus 75...120 km/h
- $\leq 0,5$ kg; raiteen ajonopeus > 120 km/h

Ajolankaan asennettavien liittimien rakenteen on oltava sellainen, ettei liitin taivuta ajolankaa.

5.7.3 Rakenteiden kuormitusten laskenta

Ratajohtorakenteet on mitoitettava kestäämään johtimiin, pylväisiin ja muihin rakenteisiin kohdistuvat kuormitukset. Kuormitukset lasketaan standardin EN 50119 mukaan kohdassa 5.7.3.1 esitetyn poikkeuksin.

5.7.3.1 Kuormitukset

5.7.3.1.1 Kuormitustyyppit

Ratajohtorakenteiden kuormituksia laskettaessa on otettava huomioon seuraavat standardin EN 50119 mukaiset kuormitustapaukset:

- Kuormitustapaus A: Alin lämpötila; Rakenteiden kuormitukset pysyvillä kuormilla ja alimassa suunnittelulämpötilassa (ks. 5.7.3.1.4).
- Kuormitustapaus B: Maksimi tuulikuorma; Pysyvät kuormat lisättynä maksimi tuulikuormalla pahimpaan mahdolliseen suuntaan (ks. 5.7.3.1.3)
- Kuormitustapaus C: Jääkuorma; Pysyvät kuormat lisättynä maksimi jääkuormalla (ks. 5.7.3.1.2)
- Kuormitustapaus D: Yhdistetty tuuli- ja jääkuorma; Pysyvät kuormat lisättynä 50 % tuulikuormalla pahimpaan mahdolliseen suuntaan ja jääkuormalla, joka vaikuttaa ainoastaan johtimiin.
- Kuormitustapaus E: Asennus- ja kunnossapitokuorma; Pysyvät kuormat lisättynä maksimi rakennus- ja kunnossapitokuormilla pahimpaan mahdolliseen suuntaan (ks. 5.7.3.1.5)
- Kuormitustapaus F: Satunnaiskuorma; Pysyvät kuormat lisättynä tilaajan määrittämällä satunnaiskuormalla pahimpaan mahdolliseen suuntaan (ks. 5.7.3.1.6)

Yhteenveto rakenteiden kuormitustapauksista on esitetty taulukossa 5.7.9.

Taulukko 5.7.9 Yhteenveto eri rakenteille sovellettavista kuormitustapauksista

Rakenne		Kuormitustapaukset					
		A Alin läm- pötila f	B Tuuli g	C Jää e, h	D Tuuli ja jää e, h	E Asennus ja kunnossapito e, h	F Satunnais g
1	Kääntöorsi	X	X	X	X	X	
2	Portaalit (portaali- orret)	X	X	X	X	X	X
3	Pylväät	X	X	X	X	X	
4	Keskiankkurointi	X	X	X	X	X	X
5	Keskiankkuroinnin kannatusrakenteet	X	X	X	X	X	
6	Portaali- ja poikittais- rakenteiden pylväät	X	X	X	X	X	X a
7	Kiristyslaitteet/ rakenteet	X	X	X	X	X	X c
8	Rakenteet, joissa syöttö- ja muita rin- nakkaisjohtimia	X	X	X	X	X	X e
9	Ratajohtorakenteet jossa muita ilma- johtoja	X	X	X	X	X	X
10	Harusrakenteet	X d	X d	X d	X d	X d	X d
11	Perustukset	X	X	X	X	X	X
a		jos keskiankkurointi					
b		ks. myös EN 50341-1					
c		jos ajojohdin on kiristetty molemmista päistä					
d		riippuu harusrakenteesta					
e		jos tarpeellista					
f		alin lämpötila ilman muita ilmastollisia kuormia					
g		nimellinen lämpötila (15 C°)					
h		lämpötila joka voidaan olettaa jää kuormalla ja yhdistetyllä tuuli- ja jääkuormalla					

5.7.3.1.2 Jääkuorma

Johtimiin vaikuttava jääkuorma on taulukon 5.7.10 mukainen.

Taulukko 5.7.10 Johtimiin kohdistuvat jääkuormat

Jääkuorma	– ajolanka + kannatin	10 N/m
	– kannattimet ajolanka	5 N/m
	– muut johtimet 1)	d ≤ 7,5 mm: 17,5 N/m
	2)	d ≥ 15 mm: 25 N/m

1) Väliarvot saadaan suoraviivaisesti interpoloimalla.

2) Jääkuorma-alueilla on mahdolliset korotukset harkittava paikallisten olosuhteiden perusteella.

Kannatusrakenteisiin vaikuttava jääkuorma on määritelty EN 50119:ssä.

5.7.3.1.3 Tuulikuorma

Sähköratarakenteisiin vaikuttavat tuulenpaine arvot ovat taulukon 5.7.11 mukaiset

Taulukko 5.7.11 Sähköratarakenteisiin vaikuttavat tuulenpaine arvot

Tuulikuorma	Johtimet	350 N/m ²
	Kannatusrakenteet ja varusteet	EN 50119

5.7.3.1.4 Lämpötilan aiheuttama kuorma

Kaikkien johtimien ja rakenteiden tulee kestää ulkolämpötilan vaihtelu -40...+40°C.

Pohjois-Suomessa ulkolämpötilan vaihteluvälinä käytetään -50°C...+40°C.

Ulkoilman lämpötilan sisältää auringon lämmitysvaikutuksen. Ulkolämpötilan vaihtelun lisäksi on otettava huomioon kuormitusvirran johtimissa aiheuttama lämpötilan nousu, jonka suuruudeksi ajojohtimen virtajohtimille oletetaan normaalisti 10°C.

5.7.3.1.5 Asennus- ja kunnossapitokuorma

Asennuksen ja kunnossapidon aikana kohdistuu kannatusrakenteisiin pysyvien kuormien lisäksi asennus- ja kunnossapitokuorma, jonka suuruus on portaaliorsille vähintään 1,0 kN ja pylväille vähintään 2,0 kN. Teräksisiä ristikkorakenteita mitoitettaessa tämä kuorma on oletettava pahimpaan kohtaan. Askelmat on mitoitettava pahimpaan kohtaan sijoitetun pystyvoiman 1,0 kN mukaan.

5.7.3.1.6 Satunnaiskuorma

Tilaaja voi määrittää satunnaiskuormia, jotka on otettava huomioon kannatusrakenteiden mitoituksessa. Näitä voivat olla esimerkiksi vauriotilanteissa tapahtuvia johtimien köysivoimamuutoksia, jotka vaikuttavat enimmäkseen keskiankkurointien ja kiristyskenttien kiristyspylväisiin.

5.7.3.2 Rakenteiden määrittäminen kuormitusten perusteella

Perustuksia ja kannatus- ym. rakenteita mitoitettaessa on kohdan 5.7.3.1.1 mukaiset kuormitukset kerrottava seuraavilla varmuuskertoimilla:

- pysyville voimille 1,3 paitsi jos voima on kokonaisvoimiin nähden helpottava jolloin käytetään kerrointa 1,0;
- muuttuville ja tuuli- ja jääkuorman aiheuttamille kuormituksille 1,3;
- satunnaiskuormituksille 1,0 ja
- rakentamis- ja kunnossapitokuormituksille 1,5.

Perustusten määrittämisessä noudatetaan Liikenneviraston ohjeita ja standardia EN 50119.

Kannatusrakenteet ym. on valittava siten, että ne kestävät kohdan 5.7.3.1 mukaiset kuormitukset (taulukko 5.7.9) kerrottuna vastaavilla varmuuskertoimilla.

5.8 Dokumentointi

5.8.1 Piirrosmerkit

Sähköratasuunnitelmissa noudatetaan Liikenneviraston piirustusohjeita.

5.8.2 Syöttöasemadokumentit

Suunnittelun tulee tuottaa seuraavat syöttöasemadokumentit:

Rakennuspiirustukset:

- arkkitehtipiirustukset
- rakennepiirustukset
- tiepiirustukset
- LVI-piirustukset

Sähköpiirustukset

- pääkaavio
- suojauskaaviot
- pääsijoituspiirustukset
- sähkötekniilliset rakennepiirustukset
- maadoituspiirustukset
- johdinvaruste- ja kojeliitinpiirustukset
- piirikaaviot
- johdotuspiirustukset, kojeluettelot, sijoituspiirustukset, johdotustaulukot, kaapeliluettelot
- hälytysluettelot
- rakennusten sähkölaitteet.

Johdotustaulukot laaditaan piirikaavioiden pohjalta, joihin johdotuspiirustusten valmistuttua merkitään kojeiden riviliitinnumerot sekä muiden käytön ja koestuksen kannalta tärkeiden riviliittimien numerot sekä kojeiden tunnuksat.

5.8.3 Suunnittelussa tuotettavat sähköratadokumentit

Sähköratasuunnittelun tulee tuottaa sähköratarakentamista varten ainakin seuraavat dokumentit:

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| • sijoituskartat | • pylväsluettelot |
| • portaalikaaviot | • ajojohdin- ja kääntöorsiluettelot |
| • ripustintiedot | • pylväasmaadoitusluettelot |
| • sähköiset liitännät | • johtimien sillanalituspiirustukset |

Dokumenttien ei tarvitse olla erillisiä vaan osa tiedoista voidaan sisällyttää muihin luetteloihin, piirustuksiin tai kaavioihin, kuitenkin siten, että kaikki rakentamista varten tarvittava tieto löytyy helposti dokumenteista.

5.8.4 Dokumenttien korjaus ja arkistointi

Urakoitsijan tulee toimittaa toteutuksen jälkeen korjatut sähköratasuunnitelmat Liikenneviraston arkistoon.

Raiteistokaaviot ja ryhmityskaaviot on päivitettävä rekisterien päivitysohjeen mukaisesti.

5.9 Sähköturvallisuus

5.9.1 Yleistä

Vähimmäisetaisyysvaatimuksilla, kosketussuojausrakenteilla ja maadoittamisella torjutaan suurjännitteisen ratajohdon normaalista käytöstä ja sen vikatilanteista ihmisille ja omaisuudelle aiheutuvaa vaaraa.

Sähköistetyn radan (25 kV tai 2x 25 kV) erityisominaisuudet vaikuttavat myös rautatiealueelle tuleville yleiseen sähkönjakeluverkkoon liittyville (0,4 kV) sähköasennuksille asetettaviin vaatimuksiin.

Tarkempia ohjeita esitetään myös Liikenneviraston julkaisuissa 13/2010 Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus suunnittelu ja B9 Laitteiden ja valaisimien maadoittaminen.

Sähköturvallisuutta ja työskentelyä sähköistetyllä radalla käsitellään julkaisussa B22 Sähkörataohjeet.

5.9.2 Kosketusjännitesuojaus

5.9.2.1 Suojamaadoittaminen

Sähköradalla suojamaadoitus tehdään yhdistämällä rakenne sähköisesti (galvaanisesti) paluukiskoon joko suoraan tai M-johtimen välityksellä.

Suojamaadoitettavia kohteita ovat mm. ratajohtopylväät, sillat ja laiturikatokset, jotka voivat tulla jännitteisiksi esim. ilmapölyssä tapahtuvan suoran ylilyönnin kautta tai ajojohtimen katketessa ja sen pudotessa tai sinkoutuessa.

Jännitteelle varsinaisesti alttiiden johtavien osien lisäksi on paluukiskoon tai M-johtimeen suojamaadoitettava sellaiset rakenteet, jotka laajuutensa vuoksi (esim. metalliverkkoaidat) tai niihin liittyvien johtojen välityksellä (esim. opastin- ja valaisinpylväät) voivat oleellisesti levittää pudonneen tai sinkoutuneen jännitteisen osan potentiaalia vikakohtaa kauemmaksi.

Niissä kohteissa, joissa vaaditaan varmistettu maadoitus, se tehdään vähintään kahdella sähköisellä ja mekaanisella vaatimuksella yksinään täyttävällä maadoitusjohtimella.

Paluukiskoon maadoittaminen tarkoittaa liittämistä suoraan paluukiskoon, M-johtimeen pylväaseen tai M-johtimeen. Mikä tapa valitaan, riippuu mm. turvalaitteiden järjestelmästä ja muista laitteista. M-johtimen kautta maadoittamista pidetään varmistuksena, joten varmistetussakin maadoituksessa riittää yksi liitäntäjohtimen maadoitettavan kohteen ja M-johtimen välille.

Metalliosat on suojamaadoitettava paluukiskoon mm. seuraavissa tapauksissa:

- Osa sijaitsee sivusuunnassa 5 m lähempänä sähköistetyn raiteen keskiviivaa.
- Osa sijaitsee sää- ja kuormatiloissa 2,5 m lähempänä 25 kV jännitteistä osaa.
- Osa sijaitsee sää- ja kuormatiloissa sivusuunnassa 1,5 m lähempänä paluujohdinta.

- Kiskopotentialista aiheutuvan kosketusjännitteen ylittäessä sallitun rajan osa sijaitsee kosketusetäisyyttä (2,5m) lähempänä paluukiskoon maadoitettua paljasta metalliosaa, tai alle 3 m etäisyydellä maan sisässä olevista maasta eristämättömistä metalli- ja betoniosista.

Lueteltujen etäisyysrajojen soveltamisessa on otettava 25 kV kannalta huomioon mm. ajojohtimen siksak, virroittimen heilahdus ja kääntöorren jännitteiset osat.

Ellei toisin mainita, maadoitukseen käytettävä johdin on 25 mm² kuparijohdin tai vastaava. Kiskoliitännät tulee tehdä poikkipinnaltaan vähintään 50 mm² johtimella.

Paikassa, missä ihmisiä usein oleskelee tai liikkuu, jännitteelle altis osa on suojamaadoitettava varmistetusti.

Radan ylittävällä sillalla on suojamaadoittamiselle asetettu lisä- tai erityisvaatimuksia, jotka on esitetty kohdassa 5.9.5.3.8.

Sähköradalla työskenneltäessä on varottava suojamaadoitusjohtimien vahingoittamista. On huolehdittava, että kaikki rakenteet on asianmukaisesti suojamaadoitettu, sillä puuttuvat tai vaurioituneet suojamaadoitukset aiheuttavat vikatapauksissa vaaratilanteita.

Suojamaadoitukset merkitään maadoitusliittimiin kiinnitettävillä säänkestävillä kilvillä, joissa on tiedot maadoitettavasta rakenteesta sekä sen paluukiskoliitännästä.

5.9.2.2 Kiskopotentialista aiheutuva kosketusjännite

Kiskopotentiali on kaluston käyttövirran tai vikatapauksissa oikosulku- tai maasulkuvirran aiheuttama potentialiero kiskon ja maan välillä.

Kaikki jäljempänä tässä kohdassa esitetyt kosketusjännitearvot tarkoittavat tehollisarvoa.

Eurooppalaisen standardin EN 50122-1 mukaan käyttövirralla ja oikosulkuvirralla syntyvän kiskopotentialin aiheuttama kosketusjännite on jaettu kestdnsa perusteella kahteen luokkaan taulukon 5.9.1 mukaisesti.

Taulukko 5.9.1 Suurin sallittu pitkäaikainen ($t \geq 0,7$ s) ja lyhytaikainen ($t < 0,7$ s) kosketusjännite, väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti

t (s)	Pitkäaikainen U_k (V)	lyhytaikainen U_k (V)
>300	60	-
300	65	-
1	75	-
0,9	80	-
0,8	85	-
0,7	90	-
<0,7	-	155
0,6	-	180
0,5	-	220
0,4	-	295
0,3	-	480
0,2	-	645
0,1	-	765
0,05	-	835
0,02	-	865

Konepajoissa yms. paikoissa suurin sallittu pitkäaikainen kiskopotentialista aiheutuva kosketusjännite on 25 V. Lyhytaikaiset sallitut kosketusjännitteet ovat taulukossa 5.9.1.

5.9.3 Ulkopuolisen verkon PE- tai PEN-johtimen yhdistäminen paluukiskoon

Ulkopuolisen sähkönjakeluverkon PE- tai PEN-johdin saadaan yhdistää sähköradan paluukiskoon, jos käyttövirralla kiskopotentialista aiheutuva kosketusjännite on enintään 50 V. Lisäksi ko. verkossa oikosulkusuojaus on toteutettu oikosulun nopealla ja automaattisella poiskytkemisellä eikä sähköradan paluuvirta saa aiheuttaa PE- tai PEN-johtimessa liiallista lämpenemää.

Jos nämä ehdot eivät täyty, ulkopuolisen sähkönjakeluverkon PE- tai PEN-johdinta ei saa yhdistää paluukiskoon. Tällöin ulkopuolinen verkko on varustettava erotusmuuntajalla tai vikavirtasuojakytkimillä.

Tarkemmat ohjeet on esitetty julkaisussa B9 Laitetilojen ja valaisimien maadoittaminen.

5.9.4 Ratajohtopylväiden maadoitukset

Ratajohtopylväiksi lasketaan maadoituksen kannalta varsinaisten pylväiden (imu-muuntajapylväät mukaan lukien) ja portaaleiden lisäksi myös muunlaiset ratajohdon kääntöorsien ja eristimien kiinnittimet esimerkiksi tunneleissa ja ylikulkusilloissa.

5.9.4.1 *Pylvään perusmaadoitus*

Sähköinen yhteys maahan tapahtuu pylväsperustuksen ankkuripulttien, jatkosterästen ja betonin kautta.

Sähköistyksen alkuvaiheessa on ratajohtopylvään perusmaadoituksena käytetty perustuksen alle ulottuvaa johdinta, ns. J-maadoitinta.

5.9.4.2 *PKL-pylväiden sekä, vaihteenlämmitys-, vaununlämmitys- ja säästömuuntajiin liittyvien pylväiden maadoittaminen*

Tämän kohdan maadoitukset ovat käyttömaadoituksia, joiden liittämistä paluukiskoon on käsitelty kohdassa 5.3.4.4. Ne toimivat samalla myös suojamaadoituksina.

5.9.4.3 *Pylvään maadoittaminen paluukiskoon*

Pylväät maadoitetaan paluukiskoon hyväksytyjen liitännämenetelmien mukaisesti.

M-johtimellisella alueella ratajohtopylväät maadoitetaan kohdan 5.9.4.4 mukaisesti.

M-johtimettomalla yksikiskoisen raidevirtapiirin alueella portaalin jokainen jalka maadoitetaan paluukiskoon.

Kaksikiskoisen raidevirtapiirin alueella portaali voidaan yleensä maadoittaa paluukiskoon vain yhden jalan kautta; maadoitus tehdään yleensä pylvästä lähinnä olevaan kiskoon (a-kiskoon). Jos yksittäisten pylväiden maadoitusvastus on alle 10 Ω , pylväät voidaan joutua maadoittamaan impedanssisillan keskipisteen kautta.

Syöttöaseman maadoitusalueella ja sen läheisyydessä sijaitsevien ratajohtopylväiden suhteen menetellään kohdan 5.4.4.4 mukaisesti.

Ratajohtopylvään maadoittaminen paluukiskoon suoritetaan joko tavallisena tai varmistettuna.

Seuraavissa tapauksissa pylvään ollessa mm. paikassa, missä ihmisiä usein oleskelee tai liikkuu, pylväs maadoitetaan varmistetusti:

- laiturilla sijaitseva pylväs mahdolliset laiturijatkot mukaan lukien,
- ratapihalla kuormaus-, laituri-, vaihtotyö- ja vaihdealueella tai enintään 10 m päässä ko. alueelta sijaitseva pylväs,

- liikenneväylän (ajoradan, jalkakäytävän jne.) reunaa 5 m lähempänä sijaitseva pylväs,
- pylväs, jossa on 25 kV järjestelmään kuulumaton sähkö- tai viestilaite (esim. opastin, valaisin, puhelin),
- muu sellainen pylväs, jonka luona on perusteltua syytä olettaa ihmisten säännöllisesti oleskelevan tai liikkuvan (esim. 5 m lähempänä ratajohtopylvästä sijaitseva jakokaappi tai puhelimella varustettu opastin),
- tunnelissa tai sillassa kääntöorren kiinnityspalkki; kaksiraiteisella radalla riittää varmistukseksi eri raiteiden kääntöorsien kiinnityspalkkien yhdistäminen toisiinsa,
- pylväs, jonka maadoitusjohdinta ei saada riittävän syvälle maahan tai muuten luotettavasti suojatuksi vahingoittumiselta (esim. kalliolla tai silta-alueella),
- pylväs, joka sijaitsee 40 m lähempänä vierasta välimaakaapelia tahi maadoituselektrodia tai ilmakaapelin vaipasta eristämätöntä harusta taikka 10 m lähempänä vierasta pitkää maakaapelia tai johtavaliitoksista vesijohto- tai viemäriputkea tms.

Ratapihalla sijaitsevat pylväät maadoitetaan normaalisti lähimmän sähköistetyt raiteen paluukiskoon, mutta raidevirtapiirien, kaapeleiden tai muiden esteiden takia maadoittaminen voidaan tehdä toisen (sähköistetyt) raiteen paluukiskoon. Portaalin toinen jalka voidaan maadoittaa sähköistämättömän raiteen paluukiskoon (M-johtimetön alue). Raiteiden välissä sijaitsevan erillisen pylvään varmistettu maadoitus liitetään, mikäli mahdollista, molempiin raiteisiin.

5.9.4.4 Pylvään maadoittaminen M-johtinalueella

Jokainen ratajohtopylväs yhdistetään yläpäästään metallisesti M-johtimeen. M-johtimen kiskoonliitännäpylväällä (MKL-pylväällä) ratajohtopylväs yhdistetään myös alapäästään metallisesti paluukiskoon.

M-johdin kiinnitetään pylvääseen metallisesti johtavalla liittimellä. PKL-pylväs, vaihteenlämmitysmuuntajapylväs ja 2x25 kV järjestelmän säästömuuntajan liitännäpylväs yhdistetään lisäksi yläpäästään liitännäjohtimella M-johtimeen.

Jos vaihteenlämmityspylväällä muuntajan ensiön X-napaa ei ole yhdistetty paluujohdtimeen, se yhdistetään M-johtimeen.

Järjestelmän 2x25 kV säästömuuntajan (AM) keskipisteen käyttömaadoitus tehdään joko kolmella erillisellä 25 mm² kuparimaadoitusjohtimella tai yhdellä päällystetyllä 95 mm² kuparimaadoitusjohtimella. Edellisessä tapauksessa yksi käyttömaadoitusjohdin yhdistetään M-johtimeen ja kaksi käyttömaadoitusjohdinta yhdistetään pylvääseen, jolla säästömuuntaja on liitetty ajojohtimeen ja vastajohtimeen. Jälkimmäisessä tapauksessa 95 mm² käyttömaadoitusjohdin liitetään M-johtimeen, joka yhdistetään vielä erikseen pylvääseen.

Yksikiskoisesti eristetyn raidevirtapiirin alueella MKL-pylväs yhdistetään alapäästään paluukiskoon suoraan yhdellä johtimella. Kaksikiskoisen raidevirtapiirin alueella yhdistäminen tehdään impedanssillisin keskipisteen kautta. Akselinlaskentajärjestelmän alueella maadoitusmenettely on sama kuin yksikiskoisesti eristetyn raidevirtapiirin alueella. Lisäksi raiteen kiskot yhdistetään toisiinsa jokaisen MKL-pylvään kohdalla.

MKL-pylväiden valinta

Imumuuntajajärjestelmässä yksikiskoisesti eristetyn raidevirtapiirin alueella ja akselilaskentajärjestelmän alueella MKL-pylvääksi valitaan imumuuntajapylväs ja PKL-pylväs sekä niiden väliltä pylväitä siten, että kahden peräkkäisen MKL-pylvään välimatka on enintään n. 215 m. Lisäksi seuraavat pylväät ovat MKL-pylväitä:

- M-johdinalueen päätepylväs
- vaihteenlämmitysmuuntajapylväs
- erotinpylväs
- pylväs, jossa on 25 kV järjestelmään kuulumaton sähkö- tai viestilaite (esim. opastin, valaisin, puhelin)
- erotusjaksopylväs
- syöttöaseman maadoitukseen maadoitettava pylväs
- pylväs, joka on lähimpänä risteävää vähintään 110 kV johtoa.

Yllä olevan luettelon pylväät eivät ole ”ylimääräisiä”, vaan ne otetaan huomioon 215 metrin maksimiväliä sovellettaessa. Maadoitussäännöt ovat samat yksi- ja useampiraiteisella avoradalla ja ratapihalla. Jos MKL-pylväs on portaali, maadoitetaan jokainen portaalinjalka paluukiskoon.

Imumuuntajajärjestelmässä kaksikiskoisesti eristetyn raidevirtapiirin alueella MKL-pylväitä ovat PKL-pylväät, vaihteenlämmitysmuuntajapylväät ja pylväät, jotka ovat lähimpänä keskipisteellä varustettua impedanssisiltaa. Impedanssisillat ovat normaalisti niin harvassa, ettei 215 metrin sääntöä voi noudattaa. Työmaadoittamisessa on noudatettava Liikenneviraston julkaisun B22 Sähkörataohjeet vaatimuksia. Maadoitussäännöt ovat samat yksi- ja useampiraiteisella avoradalla ja ratapihalla. Jos MKL-pylväs on portaali, maadoitetaan portaalin jokainen jalka impedanssisillan kautta paluukiskoon.

Säästömuuntajajärjestelmässä 2x25 kV sovelletaan edellä esitettyjä sääntöjä. Säästömuuntajan (AM) liityntäpylväs on MKL-pylväs. Kaksikiskoisesti eristetyn raidevirtapiirin alueella säästömuuntajan liityntäpylväs yhdistetään paluukiskoihin impedanssisillan keskipisteen kautta.

Suunnittelija merkitsee sähköistysurakoitsijaa varten MKL-pylväät kirjoittamalla ko. pylvään kohdalle MKL. Merkintä tehdään katselmuksen jälkeiseen ratajohdon sijoituskarttaan ja pylväasmaadoitusluetteloon.

5.9.4.5 *Potentiaalin ohjauselektrodi*

Potentiaalin ohjauselektrodi (tasausrengas) tehdään pylväsperustusten rakentamisen yhteydessä:

- imumuuntajapylväille
- vaihteenlämmitysmuuntajapylväille
- pylväille, joihin tulee erotin tms. 25 kV kytkinlaite
- pylväille ja säästömuuntajille rataosalla, joka on sähköistetty järjestelmällä 2x25 kV
- tarvittaessa pylväille, joiden kohdalla kiskopotentiaalista aiheutuva kosketusjännite ylittää kohdassa 5.9.2.2 esitetyt sallitut arvot.

Potentiaalin ohjauselektrodi sijoitetaan 25...50 cm syvyyteen 0,8...1,5 m etäisyydelle perustuksesta. Jos ohjauselektrodia ei saada edes 25 cm syvyyteen (kallio tms.), se jätetään pois.

Potentiaalin ohjauselektrodilla varustetun pylvään ollessa harustettu harus on varustettava eristimellä tai ankkurin ympärille tehdyllä potentiaalin ohjauselektrodilla.

5.9.4.6 Eristämismenettely

Jos pylvään ja raiteen välissä on kaapeli, pylväältä paluukiskoon menevä maadoitusjohdin (-johtimet) eristetään maasta Liikenneviraston julkaisun B13 (Yleisohje johdoista ja kaapeleista) mukaisesti.

5.9.4.7 Liitäntä pylvääseen

Maadoitusjohdin kiinnitetään pylvääseen puristettavalla kaapelikengällä ja kuusioruvilla.

5.9.5 Johtimien etäisyysvaatimukset sekä suojaus jännitteisen osan koskettamiselta

5.9.5.1 Yleistä

Ratajohtopylväisiin kiinnitettyjen johtimien etäisyydet määritellään standardien SFS EN 50341-1, SFS EN 50341-3-7, SFS EN 50423-1 SFS ja EN 6001+ A1 +A2 mukaisesti sää- ja kuormatiloissa. Johtimen katkeamista ei oteta etäisyyksissä huomioon.

Ratajohtoon kuuluvat seuraavat johdinlajit:

- 25 kV johdin ja – 25 kV vastajohdin
- paluujohtin (P-johdin)
- M-johdin (pylväiden maadoitusjohdin), johon tässä esityksessä rinnastetaan reduktiojohdin, kiskonvarmistusjohdin, keräilyjohdin tms. johdin, joka voidaan katsoa ilmajohtomaiseksi maadoitusjohtimeksi.

Varusteiden ja kojeiden suojaamattomille jännitteisille osille sovelletaan samoja etäisyysvaatimuksia kuin varsinaiselle johtimelle.

Maadoitettu jännitteetön kiristysjohdin rinnastetaan haruksen kaltaiseen rakenteseen.

Etäisyyksissä on otettava huomioon ajojohtimen lämpöpitenemisen vaikutukset kuten kääntöorren asennon vaihtelu. Ajojohtimen etäisyyksissä rinnastetaan kuormatiloihin virroittimen aiheuttama ajojohtimen liike.

Etäisyydet virroittimesta esitetään erikseen virroittimen heilahdukset huomioon ottaen.

5.9.5.2 Vapaa ilmaväli

Kun seuraavassa määritellään ratajohtopylväisiin kiinnitetyn kahden johtimen välinen etäisyys sää- ja kuormatiloissa, oletetaan toisen johtimen olevan nollassäätä vastavassa tilassa, ellei erikseen ole toisin sanottu.

25 kV johtimen etäisyyden paluujohtimesta ja jännitteettömistä osista, M-johdin mukaan lukien, on oltava säätiloissa vähintään 0,27 m ja kuormatiloissa vähintään 0,19 m. Virroittimen etäisyyden paluujohtimesta ja jännitteettömistä osista, M-johdin mukaan lukien, on oltava vähintään 0,19 m.

Paluujohtimen etäisyyden jännitteettömistä osista, M-johdin mukaan lukien, on oltava sää- ja kuormatiloissa vähintään 0,06 m.

Ellei erikseen ole vaadittu suurempaa etäisyyttä, sovelletaan edellä annettuja jännitteisen osan etäisyyksiä jännitteettömistä osista. Tavallisimpia sovelluksia ovat etäisyydet ratajohtopylvään osiin, radan ylittävän sillan rakenteisiin ja tunnelin kattoon.

Kahden toisiinsa kiinteästi yhdistämättömän 25 kV johtimen välisen etäisyyden on oltava säätiloissa vähintään 0,31 m ja kuormatiloissa sekä toista johdinta koskettavasta virroittimesta vähintään 0,22 m. Poikkeuksena näistä etäisyysvaatimuksista on ajojohtimen erotuskenttä, jossa 25 kV johtimien etäisyyden toisistaan on oltava nollasäällä vähintään 0,40 m sekä helteellä ja pakkasella (molemmat johtimet samassa lämpötilassa) vähintään 0,31 m. Ryhmityseristimen ilmavälille voidaan sallia tätä pienempiä arvoja. Ei kuitenkaan vähempää kuin 0,15 m (EN 50122-1 kohta 10.5).

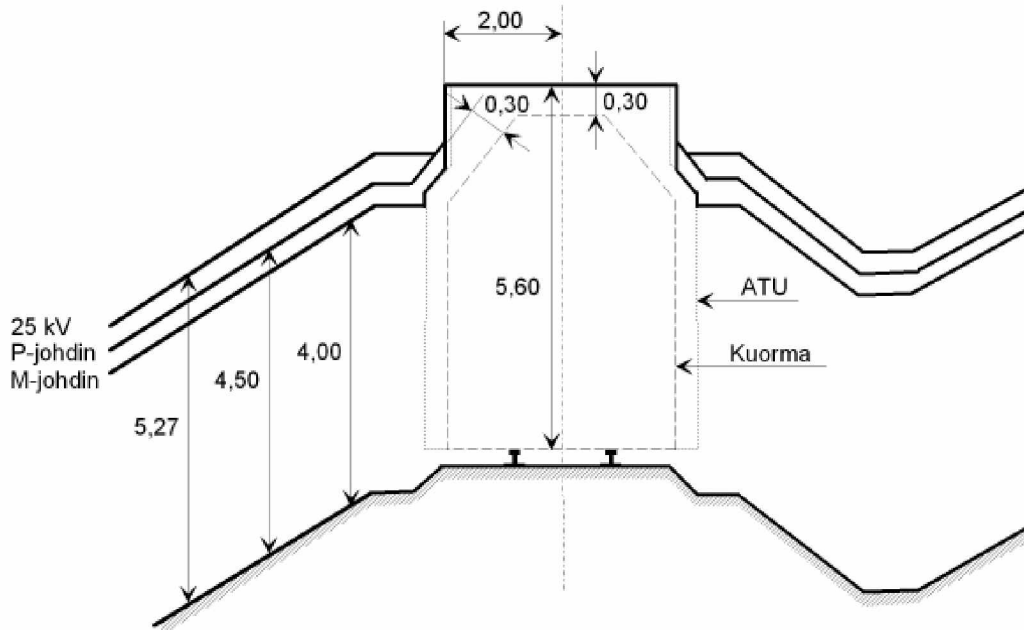
25 kV ja -25 kV johtimen välisen etäisyyden tulee olla säätiloissa vähintään 0,52 m ja kuormatiloissa vähintään 0,37 m. Virroittimesta -25 kV johtimen (vastajohtimen) etäisyyden tulee olla sää- ja kuormatiloissa vähintään 0,37 m.

5.9.5.3 Johtimen sijainti

5.9.5.3.1 Avorata

Avoradalla muualla kuin tasoristeyksessä johtimien on täytettävä sää- ja kuormatiloissa seuraavat vähimmäisetäisyydet ja -korkeudet (kuva 5.9.1):

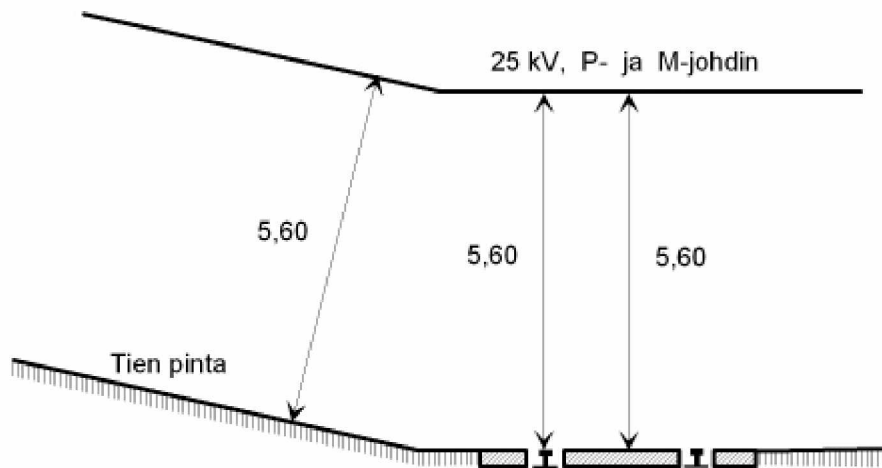
- 25 kV johtimen, paluujohtimen ja M-johtimen etäisyyden kiskojen selän muodostamasta tasosta on oltava 5,60 m ainakin 2,00 m etäisyydelle kiskojen keskinormaalista; lisäksi on otettava huomioon RATO 2 mukainen aukean tilan ulottuma (ATU).
- 25 kV johtimen ja paluujohtimen etäisyyden kuormasta, ottaen huomioon kuorman heilahtelu, kallistuminen yms. tekijät, on oltava 0,30 m, ellei johdinta tehdä jännitteettömäksi ja työmaadoiteta kuorman kuljetuksen ajaksi. Erityisvalvotuissa kuljetuksissa sallitaan kuitenkin 0,24 m etäisyys kuormasta edellyttäen, että metallinen kuorma on yhdistetty luotettavasti vaunun runkoon ja että turvallisuuden varmistamiseksi on ryhdytty erityistoimenpiteisiin. M-johtimen etäisyys kuormasta määräytyy mekaanisten näkökohtien perusteella.
- Kauempana raiteesta, ts. alueella, jossa em. seikat eivät ole määrääviä, 25 kV johtimen korkeuden maan pinnasta on oltava 5,27 m, paluujohtimen 4,50 m ja M-johtimen 4,00 m.



Kuva 5.9.1 Johtimien vähimmäisetäisyys avoradalla (mitat metreinä)

5.9.5.3.2 Tasoristeys

Tasoristeyskässä 25 kV johtimen, paluujohtimen ja M-johtimen etäisyyden kiskon selästä ja tien pinnasta on oltava sää- ja kuormatiloissa vähintään 5,60 m (kuva 5.9.2).

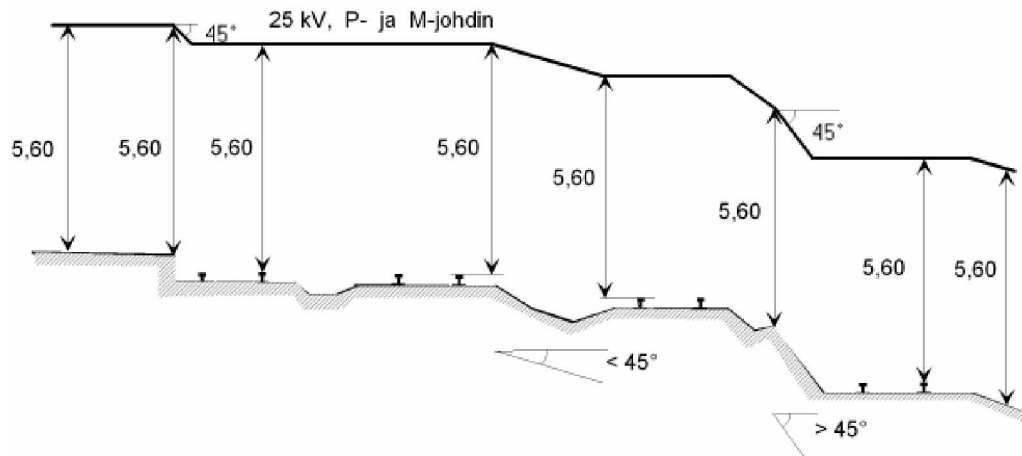


Kuva 5.9.2 Johtimien etäisyys kiskon selästä ja tien pinnasta tasoristeyskässä (mitat metreinä)

5.9.5.3.3 Ratapiha sekä laituri- ja kuormausalueet

Ratapihalla sekä laituri- ja kuormausalueilla johtimien on täytettävä sää- ja kuormatiloissa kohdan 5.9.5.3.1 mukaisten sijaintivaatimusten lisäksi kuvan 5.9.3 vähimmäiskorkeudet kiskon selästä ja maan pinnasta.

Lisäksi kääntöorren eristimen eristävän osan alimman kohdan korkeuden laiturin pinnasta tulee olla vähintään 5,30 m.



Kuva 5.9.3 Johtimien vähimmäiskorkeudet ratapihalla sekä laituri- ja kuormausalueella (mitat metreinä)

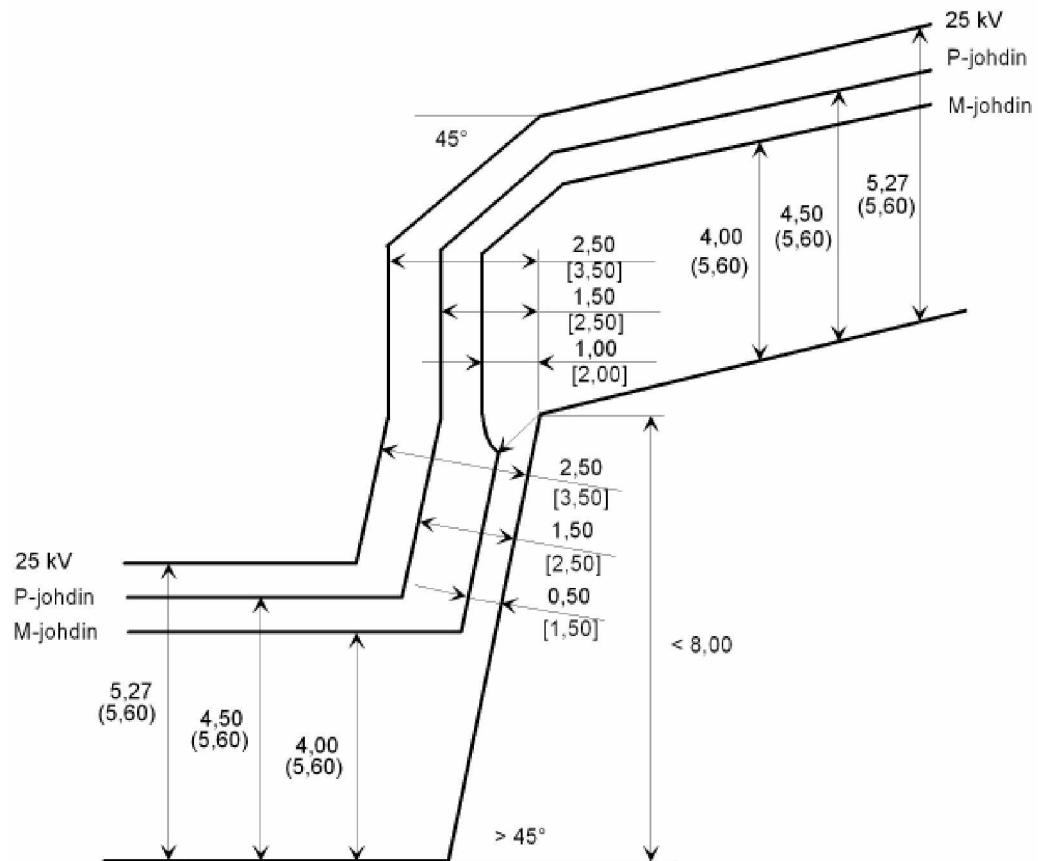
5.9.5.3.4 Kallioleikkaus

Jos leikkauksen jyrkkyys on enintään 45° , johtimiin sovelletaan kohdan 5.9.5.3.1 mukaisia sijaintivaatimuksia. Jyrkkyuden ollessa yli 45° noudatetaan seuraavassa esitettyjä vaatimuksia.

Kallioleikkaukseen rinnastetaan jyrkkyydeltään vastaavat verhotut penkereet, tukimuurit yms.

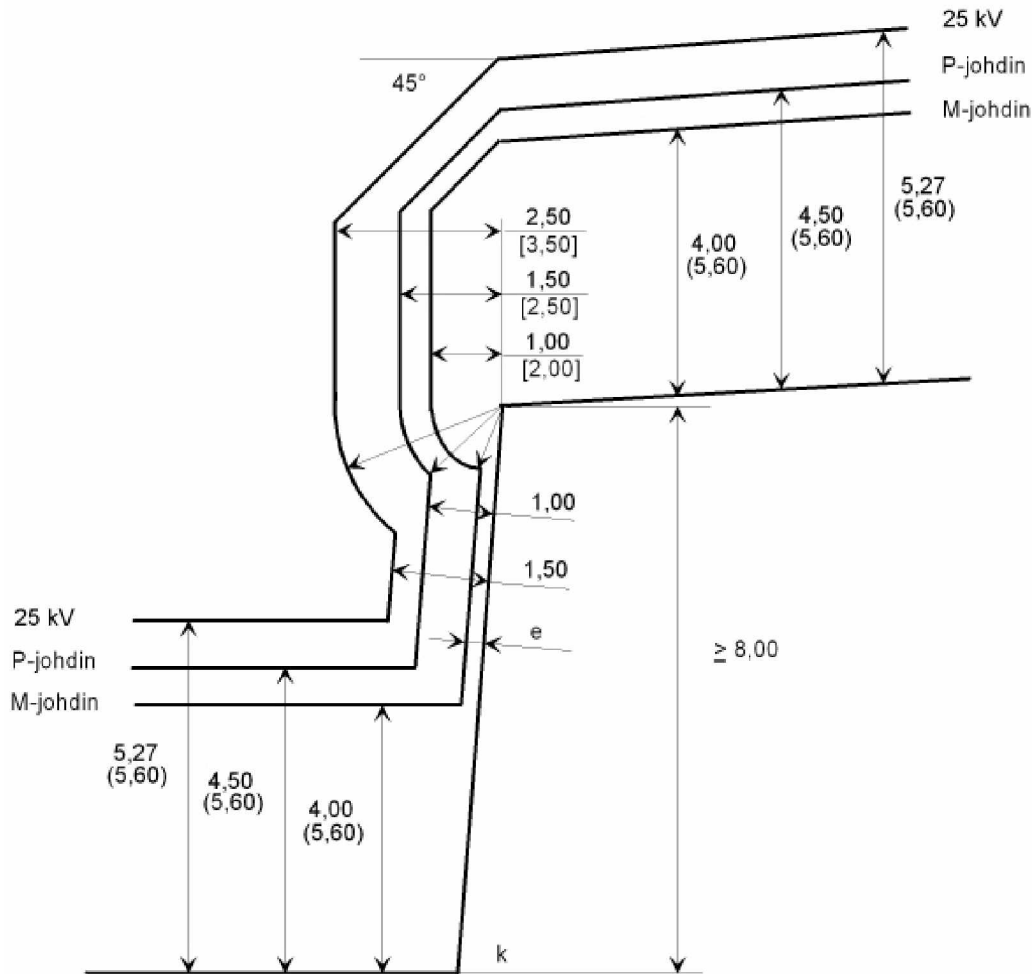
5.9.5.3.4.1 Kallioleikkaus, jota ei ole varustettu suoja-aidalla

Kallioleikkausta ei tarvitse varustaa sähköturvallisuussyistä suoja-aidalla, jos kuvan 5.9.4 (matala kallioleikkaus) tai kuvan 5.9.5 (korkea kallioleikkaus) mukaiset johtimien vähimmäisetäisyydet ja -korkeudet täyttyvät sää- ja kuormatiloissa.



Kaarisulkeissa olevat mitat koskevat ratapihoja yms. alueita.
Hakasulkeissa olevat mitat koskevat kallioleikkausta, jonka reunan välittömässä läheisyydessä on paikka, missä ihmisiä usein oleskelee tai liikkuu (esim. kulkuväylä).

Kuva 5.9.4 Matala kallioleikkaus (mitat metreinä)



Kaarisulkeissa olevat mitat koskevat ratapihoja yms. alueita.

Hakasulkeissa olevat mitat koskevat kallioleikkausta, jonka reunan välittömässä läheisyydessä on paikka, missä ihmisiä usein oleskelee tai liikkuu (esim. kulkuväylä). Kun leikkauksen jyrkkyys k on $> 45^\circ \dots 75^\circ$, M-johtimen vähimmäisetäisyys e on 0,50 m. Leikkauksen jyrkkyys k ollessa yli 75° etäisyys e on Liikenneviraston määrittävissä.

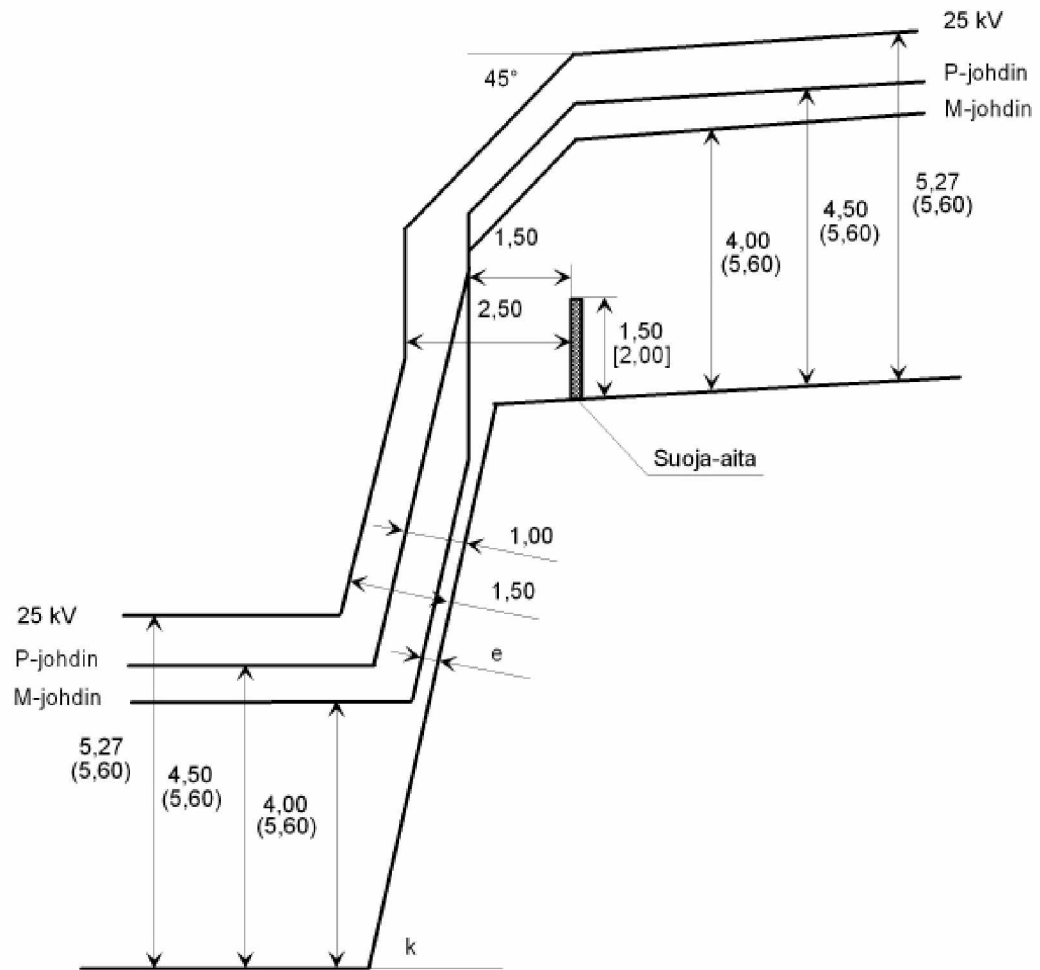
Kuva 5.9.5 Korkea kallioleikkaus (mitat metreinä)

5.9.5.3.4.2 Suoja-aidalla varustettu kallioleikkaus

Jos kohdan 5.9.5.3.4.1 mukaiset johtimien sijaintivaatimukset eivät täyty, kallioleikkaus on varustettava sähköturvallisuussyistä suojaidalla.

Suoja-aidalla varustetussa kallioleikkauksessa johtimien on täytettävä sää- ja kuor-
matiloissa kuvien 5.9.6 ja 5.9.7 vähimmäisetäisyydet ja -korkeudet. Poikkeuksena
ovat kääntöorren paljaat jännitteiset osat, joille sallitaan 1,50 m sijasta 1,00 m vä-
himmäisetäisyys leikkauksen luiskasta seuraavilla edellytyksillä:

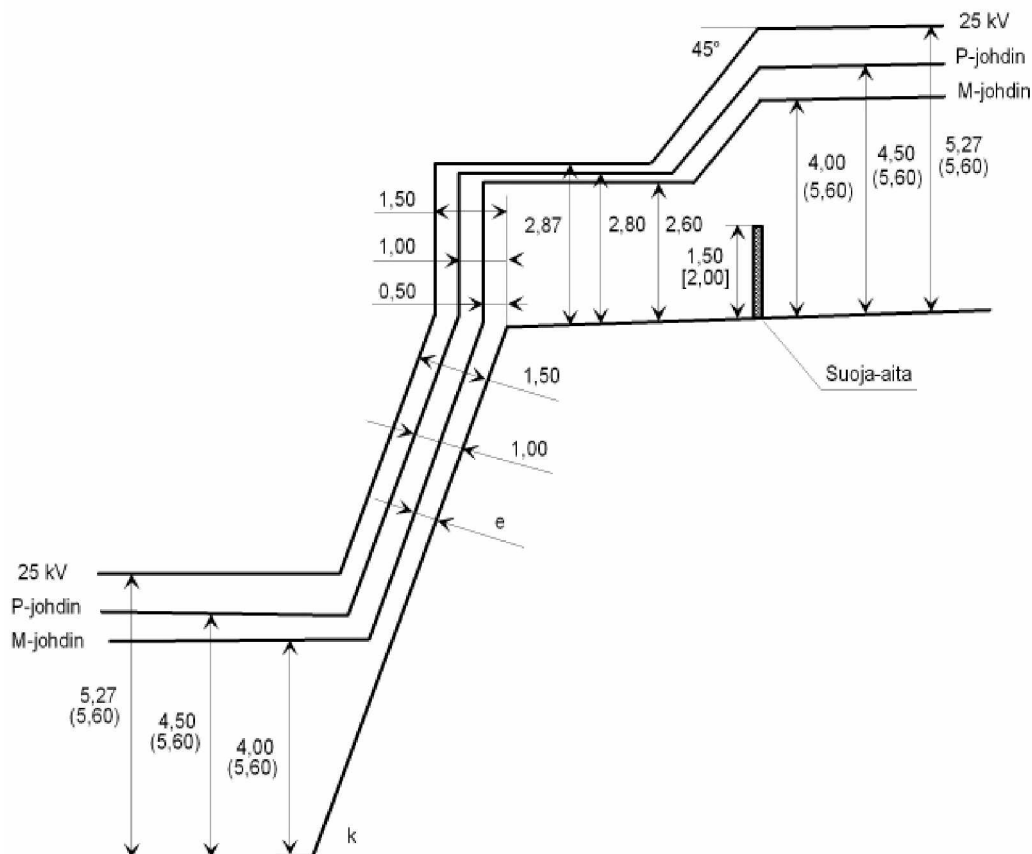
- jännitteisten osien ja leikkauksen luiskan välissä on pylväs ja osien pystysuora etäisyys leikkauksen yläreunasta on vähintään 3,00 m alaspäin tai
- vaakaetäisyys on vähintään 2,50 m suojaidasta, jonka vähimmäiskorkeus on 2,00 m, ja luiskan jyrkkyys on yli 75° .



Kaarisulkeissa olevat mitat koskevat ratapihoja yms. alueita.

Hakasulkeissa oleva mitta koskee suoja-aitaa, jonka välittömässä läheisyydessä on paikka, missä ihmisiä usein oleskelee tai liikkuu (esim. kulkuväylä). Kun leikkauksen jyrkkyys k on $>45^\circ \dots 75^\circ$, M-johtimen vähimmäisetäisyys e on 0,50 m. Leikkauksen jyrkyyden k ollessa yli 75° etäisyys e on Liikenneviraston määritettävissä.

Kuva 5.9.6 Suoja-aidalla varustettu matala kallioleikkaus (mitat metreinä)



Kaarisulkeissa olevat mitat koskevat ratapihoja yms. alueita.

Hakasulkeissa oleva mitta koskee suojaidalla, jonka välittömässä läheisyydessä on paikka, missä ihmisiä usein oleskelee tai liikkuu (esim. kulkuväylä). Kun leikkauksen jyrkkyys k on $> 45^\circ \dots 75^\circ$, M-johtimen vähimmäisetäisyys e on 0,50 m. Leikkauksen jyrkkyyden k ollessa yli 75° etäisyys e on Liikenneviraston määrittävissä.

Kuva 5.9.7 Suojaidalla varustettu korkea kallioleikkaus (mitat metreinä)

Aidan alareunan etäisyys maan pinnasta saa olla enintään 0,10 m, lukuun ottamatta epätasaista kalliota, jolla etäisyydeksi sallitaan 0,20 m ja kapeiden (leveys enintään 0,20 m) kalliohalkeamien, kuilujen yms. kohdalla vieläkin enemmän.

Aidan on oltava lujaa alumiini- tai teräsverkkoa, jonka reiän koko on enintään 1200 mm² tai suojavaikutukseltaan ja lujuudeltaan vähintään samanarvoista rakennetta.

Aita on kiinnitettävä luotettavasti lujiin pylväisiin eikä sen ulkopuolella saa olla kiipeämistä huomattavasti helpottavia ulkonemia.

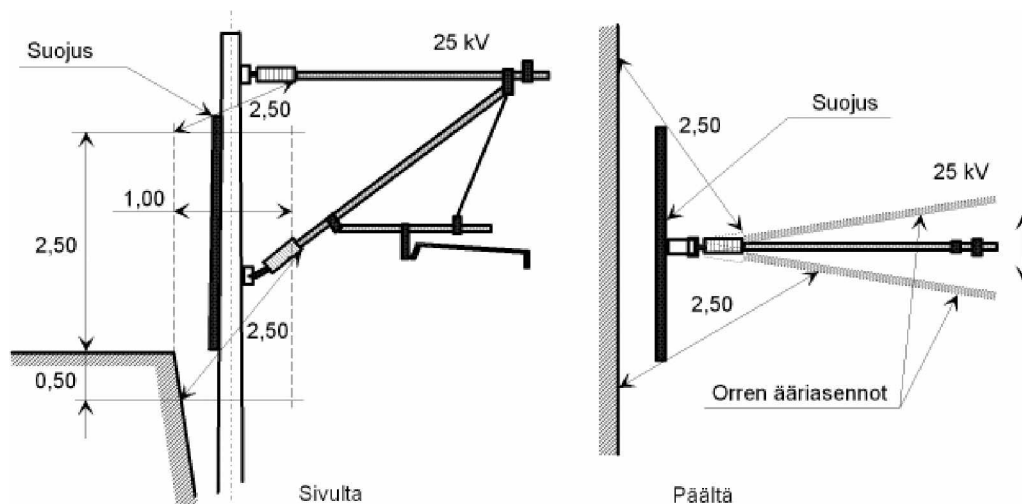
Aidan on ulotuttava radan suunnassa niin pitkälle, että kohdan 5.9.5.3.4.1 mukaiset johtimien sijaintivaatimukset ovat täytetyt. Aita on päätettävä leikkauksen reunaan siten, että aidatulle alueelle ei pääse helposti.

5.9.5.3.4.3 Kääntöorren suojaaminen erikoistapauksissa

Jos kohtien 5.9.5.3.4.1 ja 5.9.5.3.4.2 mukaiset sijaintivaatimukset eivät kääntöorren osalta täyty, kääntöorren paljaat jännitteiset osat on suojattava paluukiskoon tai M-johtimeen suojamaadoitetulla metallilevyllä tai, mikäli kallioleikkaus on varustettu kohdan 5.9.5.3.4.2 mukaisella suoja-aidalla, sellaisella metalliverkolla jonka reiän lävistäjä on enintään 20 mm. Seuraavien ehtojen tulee täytyä (kuva 5.9.8):

- Lyhin etäisyys jännitteiseen osaan suojuksen läpi leikkauksen reunan kautta asetetusta pystytasosta korkeuksilta -0,50...+2,50 m (leikkauksen reunasta) mitattuna on vähintään 1,00 m.
- Jännitteisestä osasta piirrettyä suojusta leikkaamatonta suoraa myöten mitattu etäisyys leikkauksen reunan kautta asetetusta pystytasosta tämän korkeuksilla -0,50...+2,50 m on vähintään 2,50 m.

Kääntöorren asennon vaihtelu johtimen lämpötilan vaihdellessa on otettava em. etäisyyksissä huomioon.



Kuva 5.9.8 Kääntöorren suojaaminen (mitat metreinä)

5.9.5.3.5 Rautatiealueella olevat rakennukset, avovarastot ja muut mekaaniset rakenteet

Ratajohdon johtimien ja muiden jännitteisten osien on täytettävä sää- ja kuormatiloissa standardin SFS EN 50423-1 taulukon 5.4.5.2 mukaiset etäisyydet rakennuksista yms. Pystysuoran etäisyyden vaatimusta sovelletaan siinä tapauksessa, että vaakasuoran etäisyyden vaatimusta ei ole täytetty.

Rautatieliikenteen hoidon kannalta välttämätöntä palavan nesteen jakelupistettä koskevat samat vaatimukset kuin muitakin rakennuksia.

Johtimien ja virroittimen on täytettävä sää- ja kuormatiloissa seuraavat vähimmäisetäisyydet rakennuksesta:

- 25 kV johtimen vaakasuoran etäisyyden on oltava 3,00 m ja pystysuoran etäisyyden 3,00 m.

- Virroittimen vaakasuoran etäisyyden on oltava 2,50 m. Vaakasuora etäisyys saa kuitenkin olla 1,50 m, mikäli etäisyyttä 2,50 m lähempänä ei ole ikkunaa tms. aukkoa eikä avoparveketta korkeusalueella 3,50...8,00 m kiskon selästä tai tällä korkeusalueella olevat ikkunat tms. aukot tai niiden osat on tehty sisäänpäin aukeaviksi ja vain työkaluilla avattaviksi.
- Paluujohtimen vaakasuoran etäisyyden on oltava 1,50 m ja pystysuoran etäisyyden 3,00 m.
- M-johtimen vaakasuoran etäisyyden on oltava 0,50 m ja pystysuoran etäisyyden 2,50 m.

Jos em. etäisyysvaatimuksia ei voi noudattaa, johtimien ja virroittimen etäisyyksien rakennuksesta on kuitenkin täytettävä vähimmäisetäisyydet jännitteettömistä osista (kohta 5.9.5.2), minkä lisäksi on ryhdyttävä seuraaviin varotoimenpiteisiin:

- Ne rakennuksen ikkunat yms., jotka eivät kaikissa asennoissa täytä annettuja vähimmäisetäisyyksiä, on joko tehtävä sisäänpäin aukeaviksi ja vain työkaluilla avattaviksi sekä varustettava ikkuna-aukot metalliverkolla (reiän lävistäjä enintään 20 mm) tai suljettava pysyvästi muuraamalla, metallilevyllä tms.
- Jos rakennuksessa on avoparveke, joka ei täytä annettuja vähimmäisetäisyyksiä, parvekkeelle johtava ovi on pidettävä lukittuna siten, että sen voi avata vain erikoisavaimella tai työkaluilla.
- Jos rakennuksen katto ei täytä annettuja vähimmäisvaatimuksia, katolla työskenneltäessä on noudatettava erityisohjeita.
- Annettuja vähimmäisetäisyyksiä lähempänä jännitteistä osaa (virroitin mukaan luettuna) tai 5,00 m vaakasuoraa etäisyyttä lähempänä sähköistetyn raiteen keskiviivaa olevat laajat metalliosat ja ikkunoiden yms. aukkojen metalliset suojaverkot ja -levyt on suojamaadoitettava Liikenneviraston julkaisun 13/2010 "Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu" mukaisesti.

Johtimien ja virroittimen on täytettävä sää- ja kuormatiloissa seuraavat vähimmäisetäisyydet avovarastosta:

- 25 kV johtimen vaakasuora etäisyys 3,00 m ja pystysuora etäisyys 5,00 m,
- virroittimen vaakasuora etäisyys 2,50 m ja pystysuora etäisyys 3,00 m,
- paluujohtimen vaakasuora etäisyys 3,00 m ja pystysuora etäisyys 5,00 m,
- M-johtimen vaakasuora etäisyys 0,50 m ja pystysuora etäisyys 2,50 m.

Avovarastolla tarkoitetaan säilytyspaikkaa, jossa tavaraa on varastoituna ulkosalle säännöllisesti ja pitkäaikaisesti.

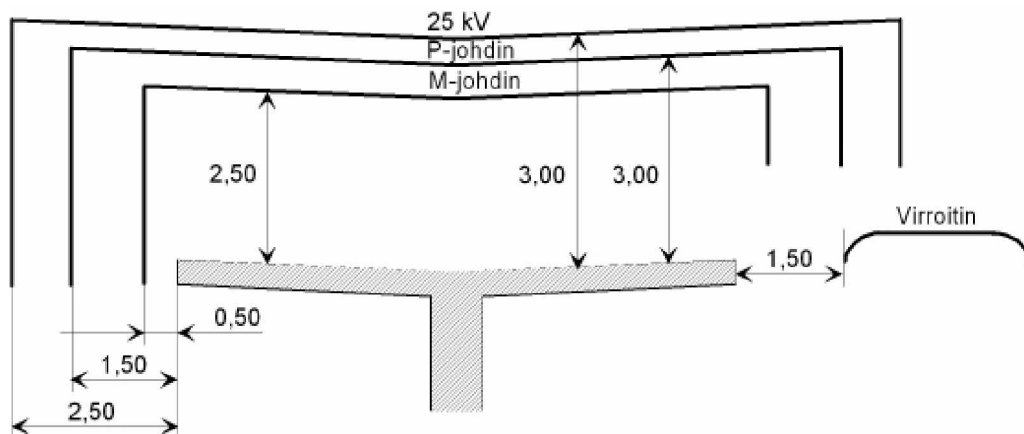
Avovarastoa sijoitettaessa tulee huomioida julkaisun B22 Sähkörataohjeet edellyttämät työskentelyetäisyydet.

Liikkuvan kaluston huolto-, korjaus- tms. tehtäviin käytettävän rakennuksen sisään tuleva ajojohdin suunnitellaan tapauskohtaisesti syöttö- ja maadoitusratkaisuneen.

Ensin on laadittava riskikartoitus, jossa otetaan huomioon mm. kohteen rakenteet, käytettävät nostolaitteet ja muut työkoneet sekä työskentelytavat.

Johtimien ja virroittimen on, ilman että on ryhdyttävä jäljempänä esitettyihin varotoimenpiteisiin, täytettävä sää- ja kuormatiloissa seuraavat vähimmäisetäisyydet laiturikatoksesta (kuva 5.9.9):

- 25 kV johtimen vaakasuora etäisyys 2,50 m ja pystysuora etäisyys 3,00 m,
- virroittimen vaakasuora etäisyys 1,50 m,
- paluujohtimen vaakasuora etäisyys 1,50 m ja pystysuora etäisyys 3,00 m,
- M-johtimen vaakasuora etäisyys 0,50 m ja pystysuora etäisyys 2,50 m.



Kuva 5.9.9 Johtimien ja virroittimen vähimmäisetäisyydet laiturikatoksesta (mitat metreinä)

Jos em. etäisyysvaatimuksia ei voida noudattaa, johtimien ja virroittimen etäisyyksien laiturikatoksesta on kuitenkin täytettävä vähimmäisetäisyydet jännitteettömistä osista (kohta 5.9.5.2), minkä lisäksi on ryhdyttävä seuraaviin varotoimenpiteisiin:

- Laiturikatoksen päälle johtava luukku tai ovi on pidettävä lukittuna. Laiturikatokseen liittyviltä kiinteiltä tikkailta on estettävä pääsy katoksen päälle. Jos laiturikatoksen päälle voi helposti päästä muuta kautta, esim. rakennuksen ikkunasta, laiturikatoksen päälle on rakennettava vähintään 1,00 m korkuinen suoja-aita siten, että joko laiturikatoksen päälle pääseminen on estetty tai vaakasuora etäisyys aidasta johtimiin ja virroittimeen on vähintään 2,00 m. Aidan rakenteen on muilta osin täytettävä kohdan 5.9.5.3.4.2 vaatimukset.
- Laiturikatoksen päällä työskenneltäessä on noudatettava erityisohjeita.
- Laiturikatokset on suojamaadoitettava Liikenneviraston julkaisun 13/2010 "Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus-suunnittelu" mukaisesti.

5.9.5.3.6 Opastin

a) Opastinpylväs

Johtimien ja virroittimen on, ilman että on ryhdyttävä jäljempänä esitettyihin varoitusmenpiteisiin, täytettävä sää- ja kuormatiloissa seuraavat vähimmäisetäisyydet opastinpylvään jokaisesta osasta (kuva 5.9.10):

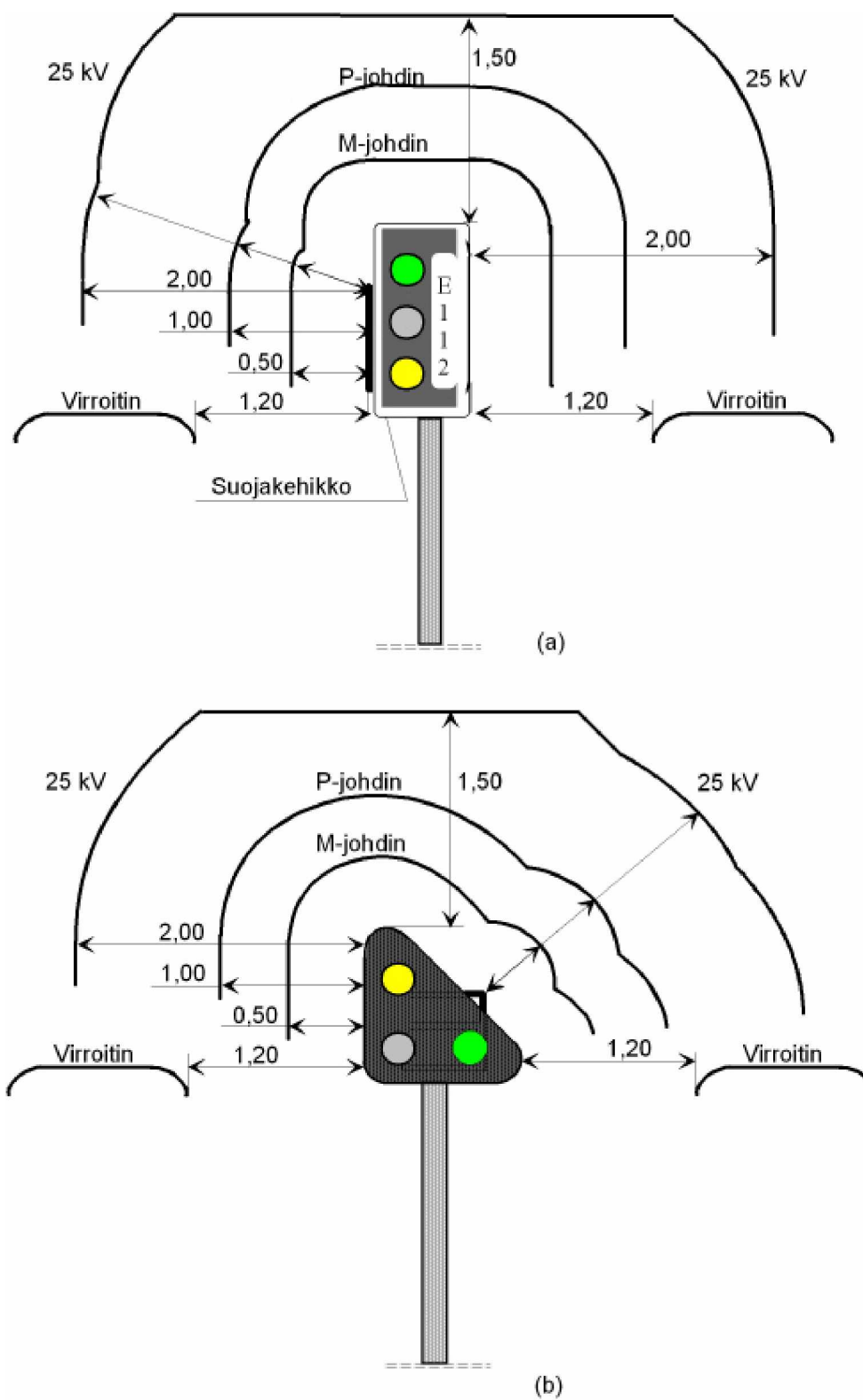
- 25 kV johtimen etäisyys 2,00 m; pystysuoraksi etäisyydeksi opastinpylvään ylimmästä osasta riittää kuitenkin 1,50 m,
- virroittimen vaakasuora etäisyys 1,20 m,
- paluujohtimen etäisyys 1,00 m,
- M-johtimen etäisyys 0,50 m,
- em. etäisyyksiin on lisättävä askelmien puoleisessa suunnassa 0,50 m opastinpylvään askelmien tasosta.

Nämä etäisyydet edellyttävät, että opastinpylväs on varustettu horjahtamisen estävällä suojakehikolla. Ellei tällaista suojakehikkoa ole, etäisyyksiin on lisättävä 0,50 m.

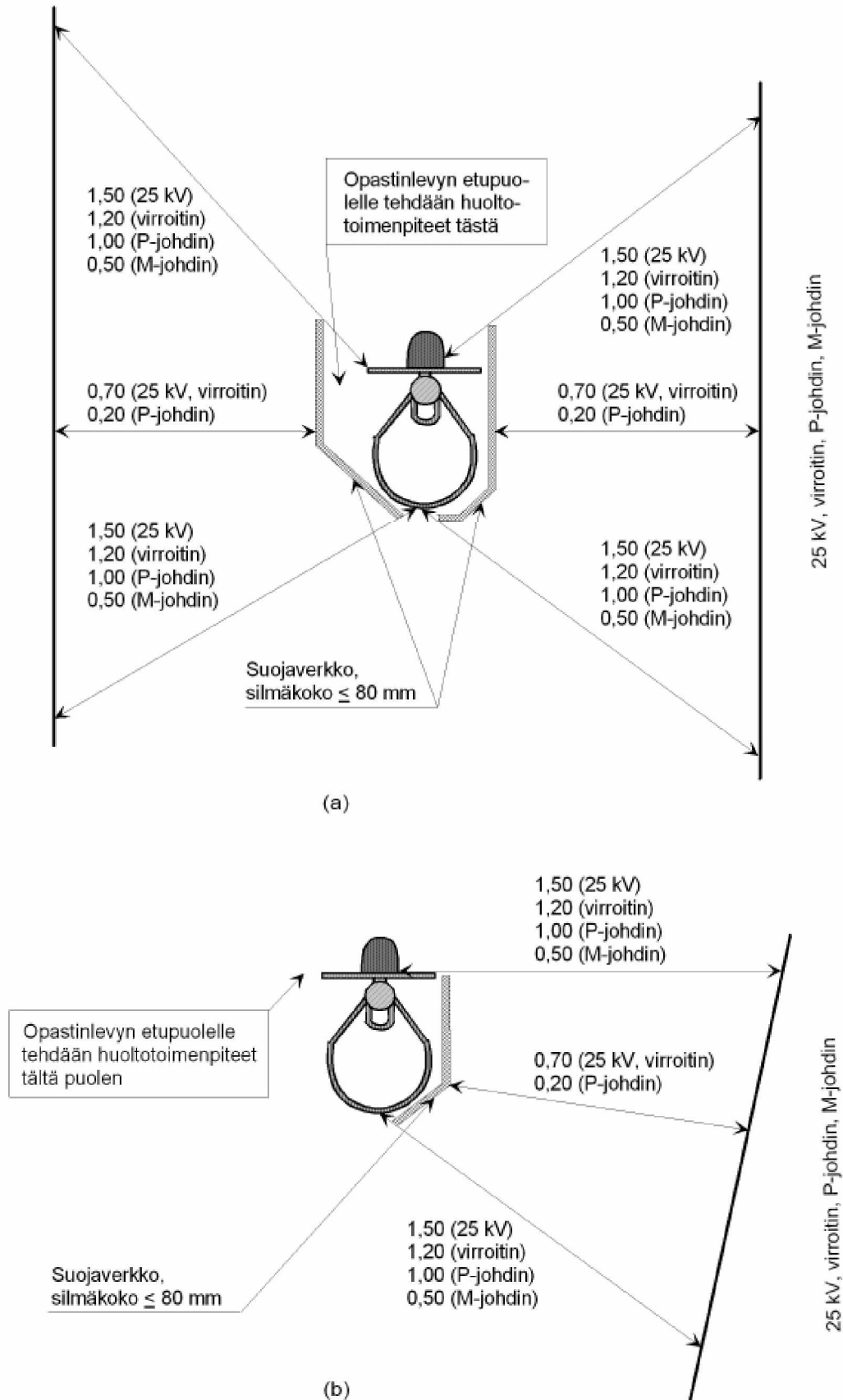
Jos edellä asetettuja etäisyysvaatimuksia ei voi noudattaa, on meneteltävä jommalla kummalla seuraavista tavoista:

- Annettuja vähimmäisetäisyyksiä lähempänä olevat johtimet on tehtävä jännitteettömäksi ja työmaadoitettava huoltotyön ajaksi, ja askelmien kohta on varustettava varoituskilvellä, jossa on teksti "Pylvääseen nouseminen kielletty, ellei ratajohto ole tehty jännitteettömäksi ja työmaadoitettu".
- Opastinpylväät, joihin on kiivettävä huoltotoimien vuoksi, on varustettava jännitteisen osan koskettamisen estävällä metallisella, paluukiskoon tai M-johtimeen suojamaadoitetulla suojaverkolla (reiän lävistäjä enintään 80 mm). Sää- ja kuormatiloissa 25 kV johtimen ja virroittimen vähimmäisetäisyyden suojaverkosta on oltava 0,70 m sekä paluujohtimen 0,20 m (kuva 5.9.11); M-johtimen etäisyydelle suojaverkosta ei aseteta vaatimuksia. Johtimien vähimmäisetäisyyksien opastinpylvään niistä osista, joihin on päästävä huollon aikana käsiksi, on oltava suojaverkon ulkopuolitse suoraviivaisesti mitattuna (kuva 5.9.11) muuten samat kuin annetut vähimmäisetäisyydet, paitsi että 25 kV johtimen etäisyys saa olla 1,50 m kaikissa suunnissa.

Yhdistelmäopastimien mastot ovat taitettavia, joten niitä ei varusteta suojakehikolla, eivätkä niiden huoltotoimet edellytä ratajohdon saattamista jännitteettömäksi.



Kuva 5.9.10 Johtimien ja virroittimen vähimmäisetäisyydet opastimesta (mitat metreinä)



Kuva 5.9.11 Johtimien ja virroittimen vähimmäisetäisyydet suojaverkolla varustetusta opastimesta (mitat metreinä)

Opastinpylvässä saa työskennellä vain ammattitaitoinen henkilö (standardin SFS 6002 kohta 3.2.3) tai näihin tehtäviin erityisesti opastettu henkilö (standardin SFS 6002 kohta 3.2.4). Työskentelyssä on noudatettava Sähkörataohjeita (julkaisu B 22) ja opastimessa työskentelyä koskevia erityisohjeita.

b) Opastinsilta

Johtimien ja virroittimen on, ilman että on ryhdyttävä jäljempänä esitettyihin varoitoimenpiteisiin, täytettävä sää- ja kuormatiloissa seuraavat vähimmäisetäisyydet opastinsillasta (kuvat 5.9.12 ja 5.9.13).

25 kV johtimen etäisyyden on oltava

- kävelytasosta alaspäin 1,50 m,
- kävelytason kaiteen sisäreunasta (em. pystyettäisyyksiä lähempänä) vaakasuoraan 2,00 m,
- opastinsillan askelmista askelmien puoleisessa suunnassa 2,50 m ja muissa suunnissa 2,00 m,
- alas lasketusta (myös väliasennot huomioon ottaen) opastimesta säätiloissa 0,27 m ja kuormatiloissa 0,19 m.

Virroittimen etäisyyden on oltava

- opastinsillan askelmista askelmien puoleisessa suunnassa 1,70 m ja muissa suunnissa 1,20 m,
- alas lasketusta (myös väliasennot huomioon ottaen) opastimesta 0,19 m.

Paluujohtimen etäisyyden on oltava

- kävelytasosta alaspäin 1,00 m,
- kävelytason kaiteen sisäreunasta (em. pystyettäisyyksiä lähempänä) vaakasuoraan 1,00 m,
- opastinsillan askelmista askelmien puoleisessa suunnassa 1,50 m ja muissa suunnissa 1,00 m,
- alas lasketusta (myös väliasennot huomioon ottaen) opastimesta 0,06 m.

M-johtimen etäisyyden on oltava

- kävelytasosta alaspäin 0,50 m,
- kävelytason kaiteen sisäreunasta (em. pystyettäisyyksiä lähempänä) vaakasuoraan 0,50 m,
- opastinsillan askelmista askelmien puoleisessa suunnassa 1,00 m ja muissa suunnissa 0,50 m.

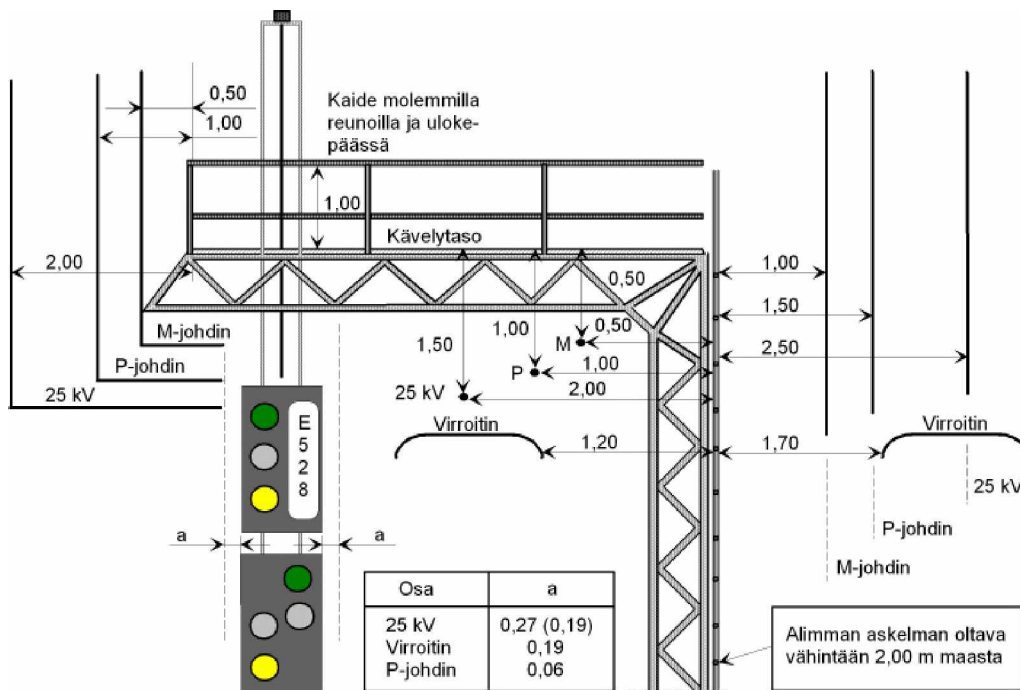
Lisäksi on otettava huomioon:

- Opastinsillan jalkaan kiinteästi asennettujen askelmien on oltava vähintään 2,00 m korkeudella maasta.
- Opastinsillan jalkaan kiinnitetyistä opastimesta sovelletaan samoja etäisyysvaatimuksia kuin opastinpylvästä (kohta a)

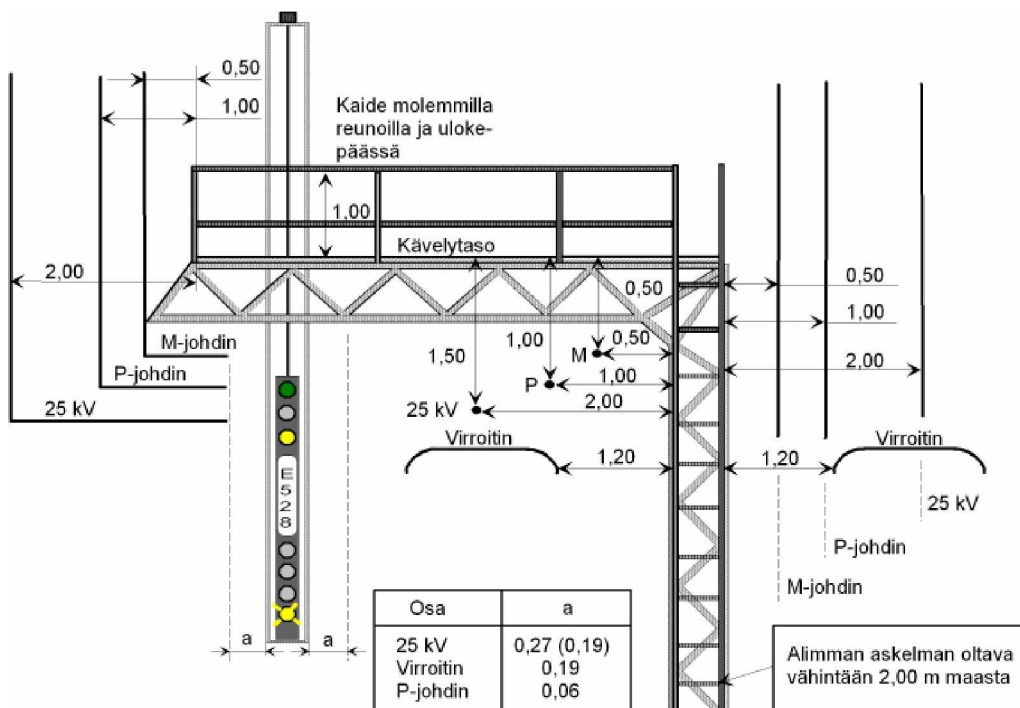
Jos edellä esitettyjä etäisyysvaatimuksia ei voi noudattaa, on meneteltävä jommalla kummalla seuraavista tavoista:

- Annettuja vähimmäisetäisyyksiä lähempänä olevat johtimet on tehtävä jännitteettömäksi ja työmaadoitettava huoltotyön ajaksi, ja askelmien kohta on varustettava varoituskilvellä, jossa on teksti "Pylväaseen nouseminen kielletty, ellei ratajohto ole tehty jännitteettömäksi ja työmaadoitettu".

- Opastinsilta on varustettava jännitteisen osan koskettamisen estävällä metallisella, paluukiskoon tai M-johtimeen suojamaadoitetulla suojaverkolla, jonka on täytettävä samat vaatimukset kuin opastinpylvään suojaverkon (kohta a).



Kuva 5.9.12 Johtimien ja virroittimien vähimmäisetäisyydet opastinsillasta (tikkaat takareunassa) (mitat metreinä)



Kuva 5.9.13 Johtimien ja virroittimen vähimmäisetäisyydet opastinsillasta (tikkaat sivulla) (mitat metreinä)

5.9.5.3.7 Valaisin

Valaisimet pyritään sijoittamaan erilliseen valaisinpylvääseen tai valaisinmastoon.

Erillinen valaisinpylväs, joka huoltoa varten voidaan taittaa, on sijoitettava niin, ettei mikään pylvään ja valaisimen osa pylvästä taitettaessa ole 2 m lähempänä 25 kV jännitteistä osaa tai paluujohdinta.

Erilliseen valaisinpylvääseen, johon nouseaan kiinteästi asennettuja askelmia myöten tai pylväskenkiä apuna käyttäen, sovelletaan samoja vaatimuksia kuin opastinpylvääseen (kohta 5.9.5.3.6.a).

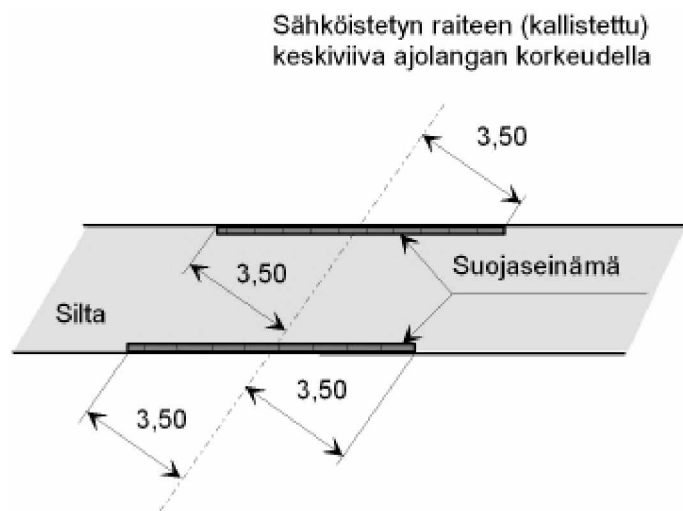
Erillinen valaisinpylväs tai ratajohtopylväässä oleva valaisin on joko sijoitettava siten, että huoltotyöt voidaan tehdä alittamatta sähkörataohjeiden B22 kohdan 3.4 vähimmäisetäisyyksiä, tai ratajohto on tehtävä jännitteettömäksi ja työmaadoitettava huoltotyön ajaksi sekä valaisinpylväs on varustettava varoituskilvellä, jossa on teksti "Pylvääseen nouseminen kielletty, ellei ratajohto ole tehty jännitteettömäksi ja työmaadoitettu".

5.9.5.3.8 Suojaus radan ylittävällä sillalla

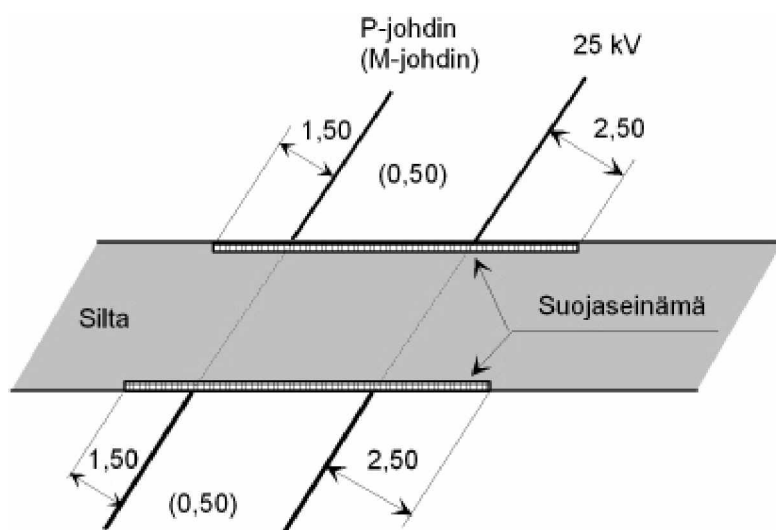
Ylikulkusillalla käytetään kosketussuojana suojaseinämää, -lippaa tai niiden yhdistelmää. Tarkemmat ohjeet on esitetty Tiehallinnon julkaisussa "Kosketussuojien suunnitteluohje (2007)."

Voidaan toimia myös Liikenneviraston ohjepiirustuksen 4032 TSN 6303 C1 kosketussuojien tyyppipiirustukset mukaisesti.

Suojaseinämän korkeuden sillan kävelytasosta on oltava vähintään 2,00 m, ja alueen jossa saa olla vain $\leq 0,03$ m leveitä reunoja ja $\geq 45^\circ$ olevia tasoja on oltava vähintään 1,40 m korkea kuvan 5.9.16 mukaisesti. Suojaseinämän on täytettävä kuvassa 5.9.14 esitetty vaakasuora vähimmäisetäisyys raiteen keskiviivasta (virroittimesta johtuva vaatimus) sekä sää- ja kuormatiloissa kuvassa 5.9.15 esitetyt vaakasuorat vähimmäisetäisyydet johtimista. Kosketussuojaseinän alaosan tiiviin roiskerakenteisen levyn on ulotuttava sillan johdekaiteen korkeudelle. Yläosan rakenteen tulee olla tiiviydeltään vähintään luokkaa IP 2X.

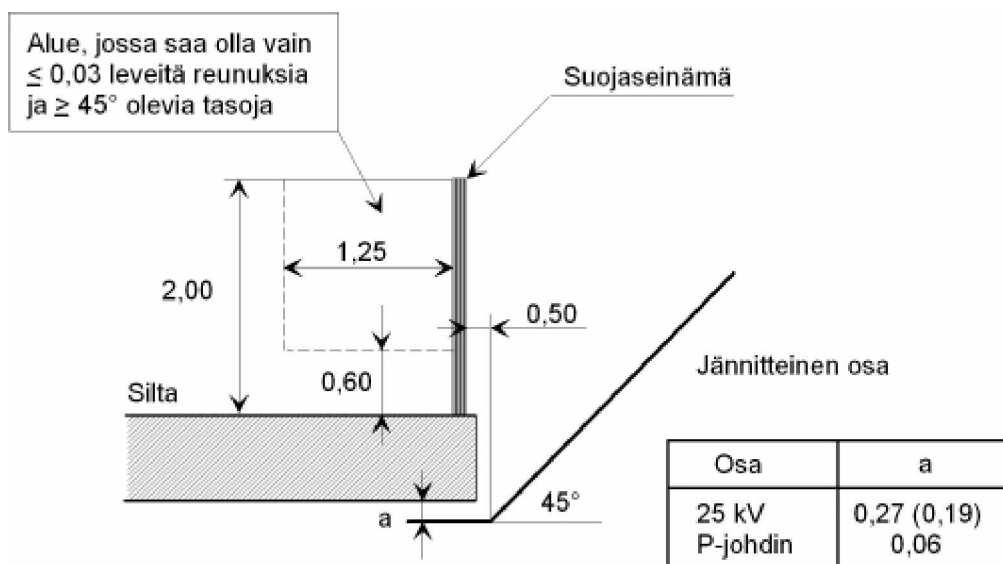


Kuva 5.9.14 Suojaseinämän vaakasuora vähimmäisetäisyys raiteen keskiviivasta (mitat metreinä)



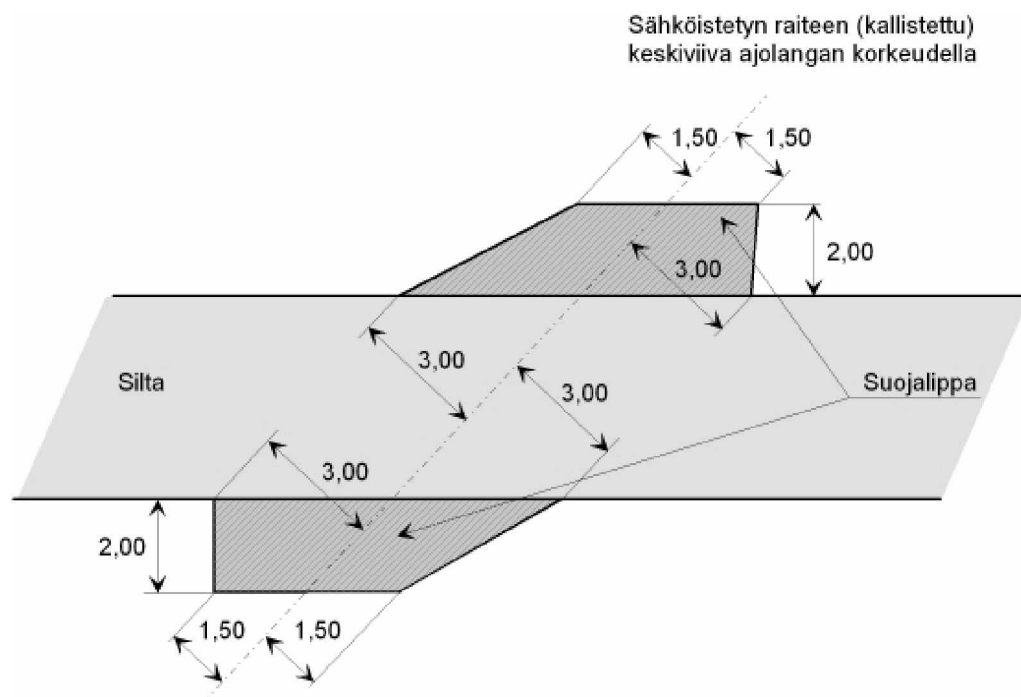
Kuva 5.9.15 Suojaseinämän vaakasuora vähimmäisetäisyys johtimista (mitat metreinä)

Pystysuunnassa sillan kävelytason yläpuolella sijaitsevien jännitteisten osien vähimmäisetäisyyden suojaseinämän sisäreunasta on oltava sää- ja kuormatiloissa kuvan 5.9.16 mukainen.

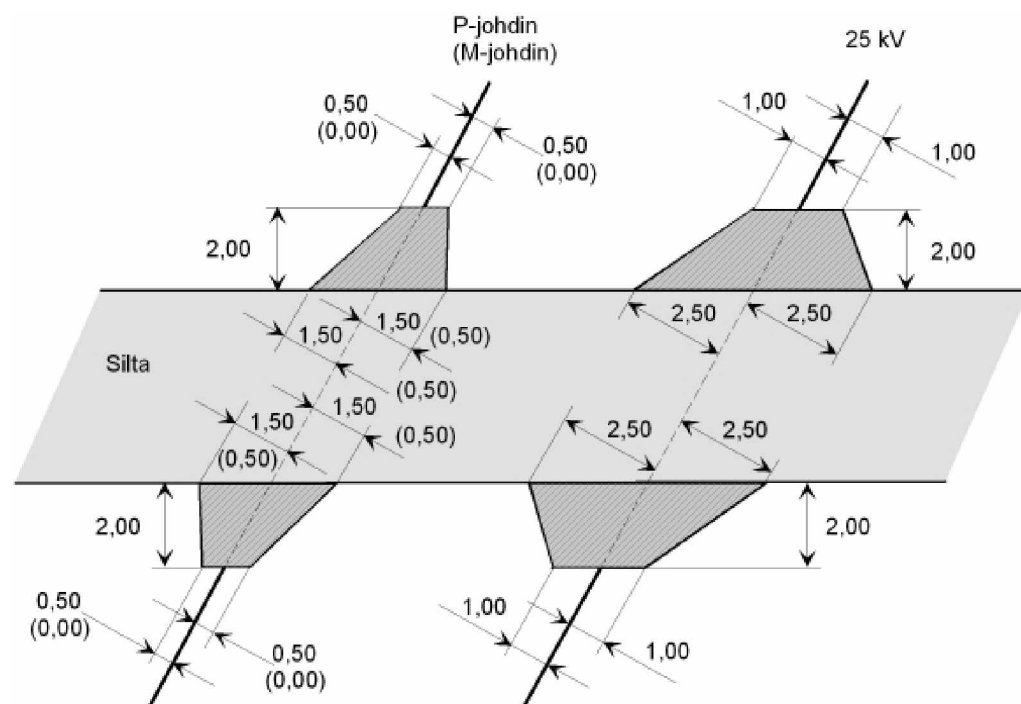


Kuva 5.9.16 Jännitteisten osien vähimmäisetäisyys suojaseinämän reunasta ja kiipeämisen vaikeuttaminen (mitat metreinä)

Suojalipan on ulotuttava vähintään 2,00 m etäisyydelle sillan kaiteen yläjohteen sisäreunasta ja täytettävä kuvassa 5.9.17 esitetty vaakasuora vähimmäisetäisyys raiteen keskiviivasta (virroittimesta johtuva vaatimus) sekä sää- ja kuormatiloissa kuvassa 5.9.18 esitetyt vaakasuorat vähimmäisetäisyydet johtimista.

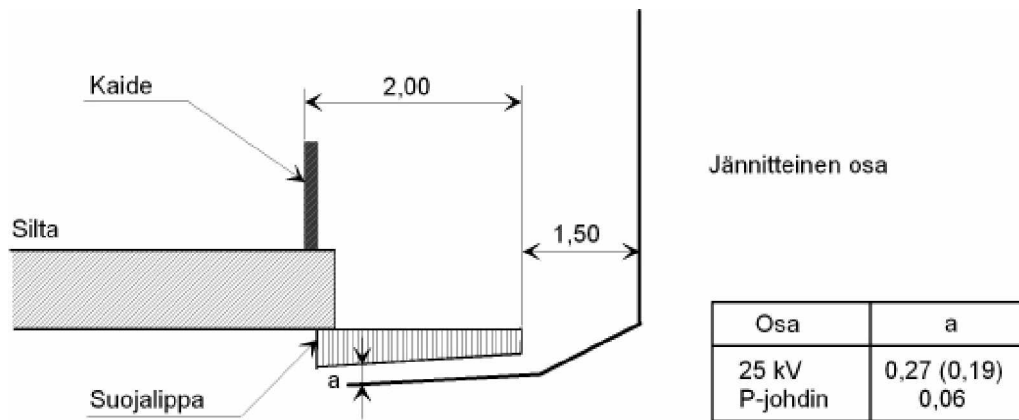


Kuva 5.9.17 Suojalipan ulottuvuus ja vaakasuora vähimmäisetäisyys raiteen keskiviivasta (mitat metreinä)



Kuva 5.9.18 Suojalipan ulottuvuus ja vaakasuora vähimmäisetäisyys johtimista (mitat metreinä)

Jännitteisen osan on täytettävä sää- ja kuormatiloissa kuvan 5.9.19 vähimmäisetäisyydet sillan suojalipasta.



Kuva 5.9.19 Jännitteisen osan vähimmäisetäisyys suojalipasta (mitat metreinä)

Mikäli lipan yläreuna ei ole tiiviisti kiinnitetty siltaan, lippa on limitettävä sillan kanssa siten, että se ulottuu vaakasuunnassa sillan alle ainakin yhtä pitkälle kuin on etäisyys sillan ulkoreunan alapinnasta lipan pintaan sillan ulkoreunan kautta asetetussa pystytasossa. Suojalipan sillan alapuolella olevan osan päässä on oltava irtoesineiden ja lumen/jään tippumisen estävä rakenne.

Sillan kannen on oltava umpinainen raiteen ja jännitteisten osien kohdalla soveltaen samoja vaakasuoran etäisyyden sääntöjä kuin suojalipan tyvelle (kuvat 5.9.17 ja 5.9.18).

Suojaseinä tai -lippa ja siltaan kiinnitetyt eristinkiinnikkeet on suojamaadoitettava paluukiskoon tai M-johtimeen.

Sillan sivujen alareunassa on kohdan 5.9.2.1 mukaiseen sivuetäisyyteen saakka oltava paluukiskoon tai M-johtimeen suojamaadoitettu metalliosa (esim. teräsrakenne, betonirauditus tai varsinainen johdin). Suojalipan kohdalla tämän metalliosan voi korvata metallinen tai metallilla kehystetty suojalippa.

Sillan laajat metalliosat, jotka ovat sää- tai kuormatiloissa alle 1,00 m pystysuoran etäisyyden ja alle 0,50 m vaakasuoran etäisyyden päässä 25 kV johtimesta, jännitteisestä osasta tai virroittimesta, on suojamaadoitettava paluukiskoon tai M-johtimeen. Näitä etäisyyksiä lähempänä olevat puu- ja betoniosat on peitettävä paluukiskoon tai M-johtimeen suojamaadoitetulla metalliverkolla tai -levyllä tai suojamaadoitusjohtimilla, joiden etäisyys toisistaan on enintään 0,20 m, tai betoniraudat on ko. osin suojamaadoitettava paluukiskoon tai M-johtimeen. Olemassa olevilla betonisilloilla riittää kuitenkin, että sillan reunoissa on sillan koko pituudella betoniin kiinnitetty, paluukiskoon tai M-johtimeen suojamaadoitettu metalliosa (esim. kaide tai johdin) ja että sillan kaikki laajat metalliosat, joiden voidaan olettaa ulottuvan lähelle betonirautoja, on suojamaadoitettu paluukiskoon tai M-johtimeen.

Siltapilarit jotka ovat annettuja vähimmäisetäisyyksiä lähempänä jännitteistä osaa (virroitin mukaan luettuna) tai ovat 5,00 m vaakasuoraa etäisyyttä lähempänä sähköistetyt raiteen keskiviivaa, on varustettava jännitteisen osan puolelle sijoitetulla

suojavaadoitusjohtimella. Betonirakenteessa voidaan vaihtoehtoisesti suojavaadoittaa betoniradoitus.

Siltojen tarkemmat maadoituksen suunnitteluohjeet on esitetty Liikenneviraston julkaisussa 13/2010 ” Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus suunnittelu.”

5.9.6 Jännitelujuus

Jännitelujuuden vaatimukset määräytyvät standardin EN 50124-1 mukaan ottaen huomioon myös standardit EN 50151 ja EN 50152.

Perustaso

- 70 kV; 1 min 50 Hz (sadekokeena),
- 145 kV; 1,2/50 μ s,
- B-typin eristimen läpilyöntilujuus jyrkällä syöksyjännitteellä SFS EN 50423-1 mukaan

Ratajohdon eristimille

- 95 kV; 1 min, 50 Hz (sadekokeena),
- 200 kV; 1,2/50 μ s.

Eroittimille avausväli ja sen kanssa rinnan oleva ilmaväli (pois lukien ryhmityseristimen ilmaväli, kohta 5.9.5.2):

- 95 kV; 1 min, 50 Hz
- 170 kV; 1,2/50 μ s.

Eroittimen avausvälin kanssa rinnan oleva eristin:

- 120 kV; 1 min, 50 Hz (sadekokeena), jos avausvälin eri puolilla olevien jännitteiden välinen vaihe-ero voi olla suurempi kuin 60°,
- 110 kV; 1 min, 50 Hz (sadekokeena), tapauksessa, jossa ei voi olla edellä tarkoitettua vaihe-eroa,
- 200 kV; 1,2/50 μ s.

Paluujohtimen eristin:

- 15 kV; 1 min, 50 Hz (sadekokeena),
- B-typin eristimen läpilyöntilujuus jyrkällä syöksyjännitteellä SFS EN 50423-1 mukaan

Haruseristin:

- 33 kV; 1 min, 50 Hz (sadekokeena), yläpäästään suojavaadoittamaton jännitteelle altis harus,
- 1,67 kertaa suurin maadoitusjännite; 1 min, 50 Hz (sadekokeena), yläpäästään suojavaadoitettu harus.

5.9.6.1 Eristimien pintaryömintämatkat

Posliinieristimien pienin pintaryömintämatka on normaalisti 850 mm kiristyseristimelle ja 800 mm kääntöorren vinotuen ja ylätuen eristimelle. 1200 mm pintaryömintämatkaa käytetään 25 kV eristimissä, jotka ovat alttiina huomattavalle likaantumiselle, esimerkiksi vilkasliikenteisen tien sillan alla tai lähistöllä. Komposiittieristimillä riittää 1200 mm sijasta 1100 mm pintaryömintämatka.

Ilkivallasta aiheutuvien vahinkojen vähentämiseksi pyritään alle 20 m etäisyydellä ylikulkusilloista käyttämään komposiittieristimiä.

5.9.6.2 Koestamattomat vapaat ilmavälit

Ratajohdon vapaille ilmaväleille asetetut vaatimukset on esitetty kohdassa 5.9.5.2

Kytkinlaitoksen koestamattomien vapaiden ilmavälien on täytettävä seuraavat vähimmäisvaatimukset:

- 25 kV osan etäisyys jännitteettömistä osista 0,27 m,
- 25 kV erottimen avausvälin kanssa rinnan oleva ilmaväli 0,31 m,
- paluujohdinpuoleen kuuluvan osan etäisyys jännitteettömistä osista 0,06 m.

5.9.7 Varoituskilvet ja pylvääseen kiipeämisen estäminen

5.9.7.1 Varoituskilvet

Muiden sähköratajärjestelmään kuuluvien kuin ratajohtopylväisiin kiinnitettyjen johtimien osalta on varoituskilpien käytössä noudatettava sähköturvallisuusjulkaisujen vaatimuksia sellaisenaan.

Varoitettaessa ratajohtopylväisiin kiinnitetyistä johtimista on ainakin seuraavat kohdet varustettava koneturvallisuusstandardin SFS-EN 61310-1 (ks. myös RATO 17 radan merkit) mukaisella varoituskilvellä:

- Ratajohtopylväs, joka sijaitsee liikennepaikan laiturilla, tasoristeyksen luona tai muussa sellaisessa paikassa (esim. lähellä kallioleikkausta), jossa erityiset syyt edellyttävät varoituskilven käyttöä, sekä ratajohtopylväs, jossa on kytkinlaite, muuntaja tai valaisin.
- Nousuaskelmilla varustettu opastin-, valaisin- tms. pylväs, joka ei täytä kohdan 5.9.5.3 etäisyysvaatimuksia jännitteisistä osista.
- Eräissä tapauksissa vaaditaan lisäksi pylvääseen nousemisesta varoitettava erikoiskilpi, ks. kohta 5.9.5.3.6.
- Kääntöorren kosketussuojus.
- Kallioleikkaukseen tai muuhun paikkaan sähköturvallisuussyistä rakennettu suoja-aita. Kilvet sijoitetaan suoja-aidan päihin ja niiden välille n. 30 m välein.
- Rakennuksen katolle, parvekkeelle ja laiturikatoksen päälle johtava ovi, luukku ja tikkaat (irtotikkaita käytettäessä kohdat, joihin tikkaat todennäköisimmin pystytetään), sekä vaaranalaiset paikat katolla ja laiturikatoksen reunalla n. 10 m välein, mikäli kohdan 5.9.5.3.5 etäisyydet eivät ole täytetyt. Katolle ja laiturikatoksen päälle tulevat varoituskilvet sijoitetaan pystyyn sellaiseen asentoon, että ne näkyvät helposti.
- Huolto-, korjaus- tms. hallin sisääntulokohdat ja tarkoituksenmukaiset kohdat hallin sisällä.

- Ylikulkusillan kaiteet, suojaseinämät ja -lipat. Kaiteeseen on sijoitettava varoituskilpi suojaseinämän, -lipan tai -lipparyhmän päiden kohdalle. Jos suojalippa tai -lipparyhmä on pitkä, kaiteeseen on lisäksi sijoitettava varoituskilpi suojalipan tai -lipparyhmän kohdalle n. 10 m välein. Suojaseinämän yläosaan on sijoitettava varoituskilpi suojaseinämän keskikohdalle ja lisäksi n. 10 m välein. Suojalipan ulkoreunalle on sijoitettava varoituskilpi jokaisen 25 kV johtimen kohdalle pystyyn sellaiseen asentoon, että se näkyy helposti.
- Säästömuuntajat.

5.9.7.2 Ratajohtopylvääseen kiipeämisen estäminen

Ratajohtopylväät (joihin rinnastetaan portaalin jalat) on varustettava kiipeämisesteeillä

- liikennepaikan laiturilla,
- 20 m lähempänä yleisen tien tasoristeystä (ei koske tilus-, metsä-, yms. tietä),
- alle 20 m etäisyydellä radan suuntaisesta liikenneväylästä ml. kävely- ja pyörätiet; kiipeämisesteitä ei vaadita, jos rata ja liikenneväylä ovat eri tasossa (korkeusero vähintään 2 m) tai jos ratajohtopylväiden ja liikenneväylän välissä on aita.

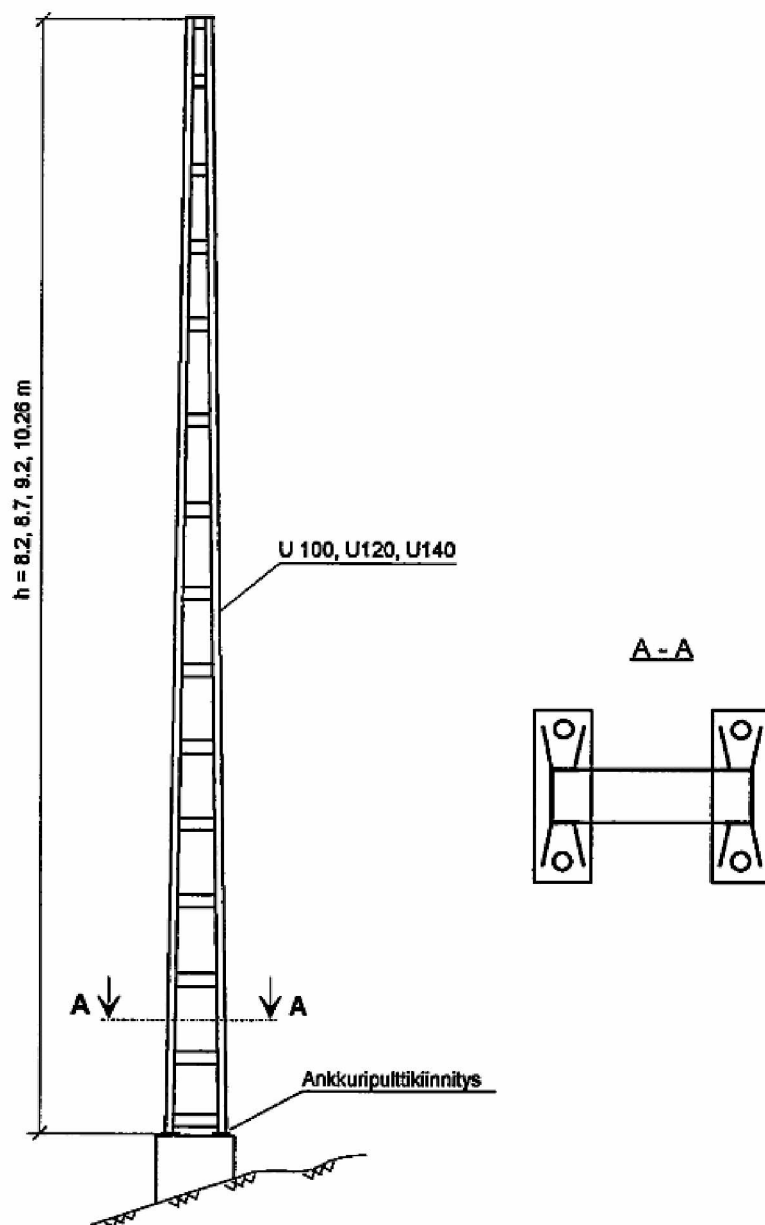
Ristikkorakenteisiin pylväisiin joissa ei ole vaakasiteitä, ei vaadita kiipeämisesteitä, mutta nekin on em. paikoissa varustettava standardin mukaisilla varoituskilvillä.

RATO 5 Sähköistetty rata

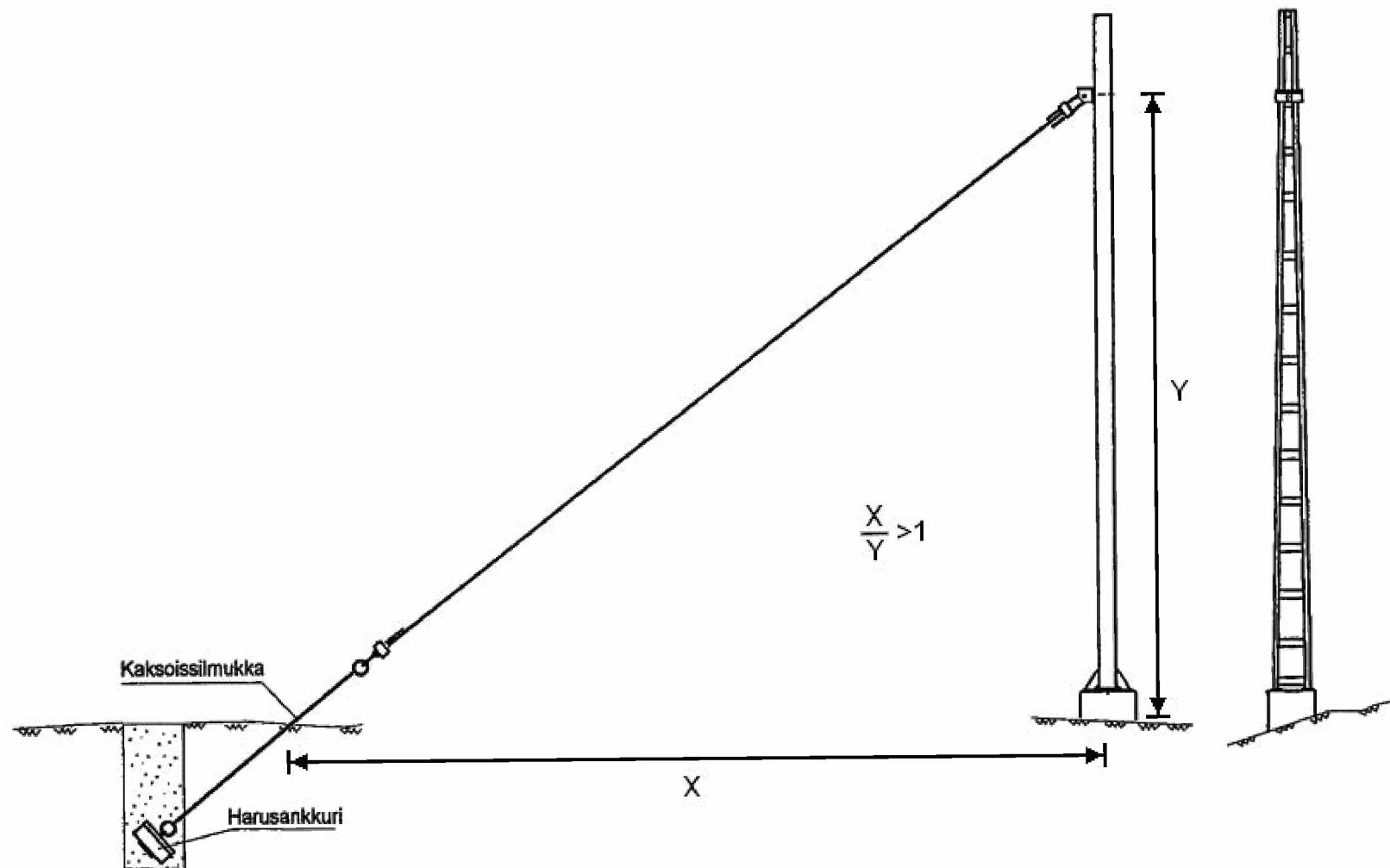
(SSR 8.6200) Eri ratajohtotyypit

RATAJOHDON TEKNISIÄ TIETOJA							
	Aj ilman Y-köyttä	SR 70	SR 65	S 71	SR 220	VR 220	RT220
Max nopeus	140 km/h	160 km/h	200 km/h	200 km/h	220 km/h	220 km/h	220 km/h
Ajolangan kiristysvoima	9,8 kN	9,8 kN	9,8 kN	10,0 kN	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN
Kannattimen kiristysvoima	9,8 kN	9,8 kN	9,8 kN	10,0 kN	12,5 kN	12,5 kN	12,5 kN
Kiristys ajolanka/kannatin	yhteinen	yhteinen	yhteinen	erillinen	erillinen	erillinen	erillinen
Y-köyden kiristysvoima	—	1,5 kN	1,5 kN	2,0/2,5 kN (v/p)	2,3 kN	2,3 kN	2,3 kN
Y-köyden pituus	—	12,5 m	12,5 m	16 m	16 m	12,5 m	16 m
Jännepituus	70 m	70m	65 m	71 m	71 m	71 m	71 m
Vierekk.jänneiden. max pituusero	ei rajoitettu	20 m	10...15m	15 m	15 m	15 m	15 m
Kiristyskentän jänne		60 m	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m
Ajolangan korkeus max	650 cm	650 cm	650 cm	650 cm	650 cm	650 cm	650 cm
Ajolangan korkeus min	560 cm	560 cm	560 m	560 cm	560 cm	560 cm	560 cm
Ajolangan korkeus norm	615 cm	615 cm	615 cm	615 cm	615 cm	615 cm	615 cm
Ajolangan siksak suoralla	40 cm	40 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm
Systeemikorkeus	110 cm	160 cm	160 cm	160 cm	160 cm	160 cm	160 cm
Kiristysväli	750 m	750 m	750 m	750 m	750 m	750 m	
Kiristysvälin max	900 m	900 m	900 m	800 m	800 m	800 m	800 m
Köysivoiman toleranssi		+/- 2 kN -	+/-1kN	+/-1kN	+/-10%	+/-1kN	± 10 %
Ohjaimen noste		65 N	35 N	42 N	40 N	40N	40N
Ohjaimen vapaanousu	140 mm	140 mm	200 mm	200 mm	250 mm	250 mm	250 mm
Kaltevuus norm	1:600	1:600	1:1000	1:1000	1:1000	1:1000	1:1000
Kaltevuus poikk	1:400	1:300	1:600	1:600	1:600	1:600	1:600
Ajolangan esiriippuma	6/7000*L	3/7000*L	3/7000*L	L/2000	L/4000	L/4000	L/4000
Kääntöorren materiaali		Fe+Znk	Fe+Znk	Al	Al	Al	Al
Vaihteen sähköistys				Ristiripustimet/ Risteämätanko	Ristiripustimet/ Risteämätanko	Ristiripustimet/ Risteämätanko	
Max ajolangan tuulipoikkeama keskilinjasta	46 cm	46 cm	36 cm yleensä 42 cm erotusk.	36 cm yleensä 42 cm erotusk.	36 cm yleensä 42 cm erotusk.	36 cm yleensä 42 cm erotusk.	36 cm
Kannatin materiaali	50 BzII	50 BzII	50 BzII	50 BzII	50 BzII	50 BzII	50 BzII
Ripustin materiaali	16 Cu tai 12,6 Fe	16 Cu tai 12,6 Fe	16 Cu tai 12,6 Fe	10 BzII	10 BzII	10 BzII	10 BzII

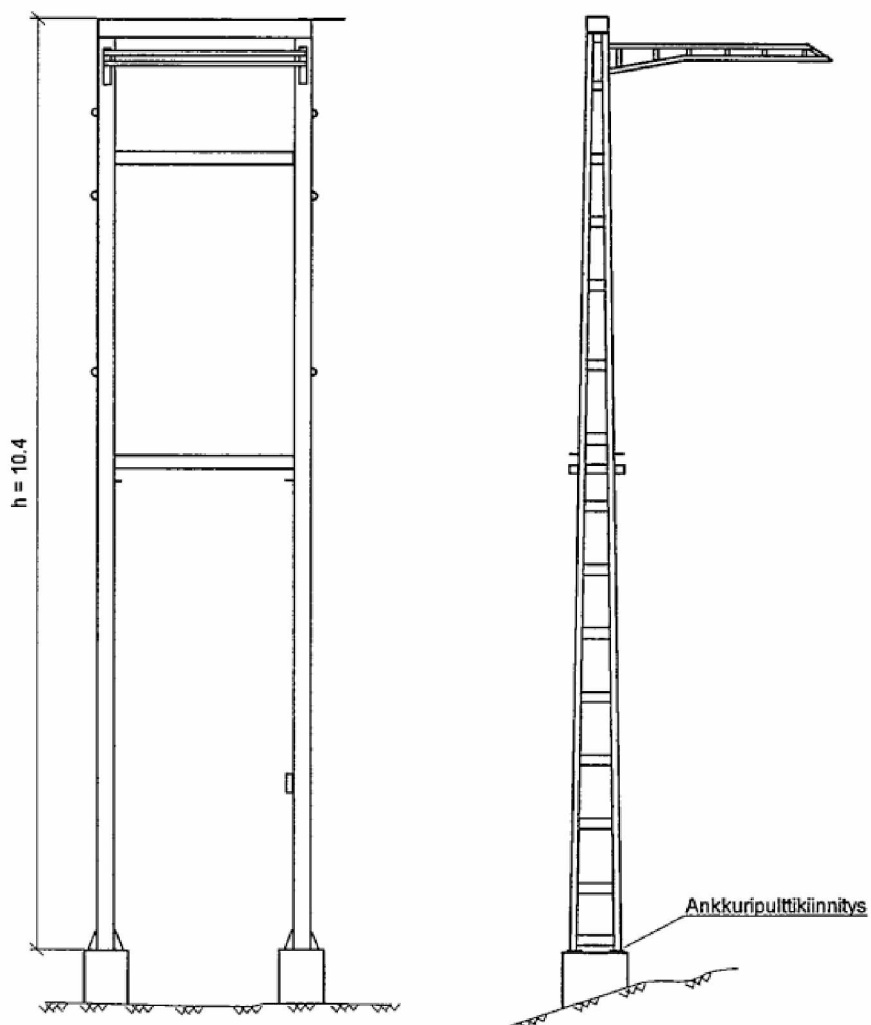
(SSR 8.6201) I-pylväs



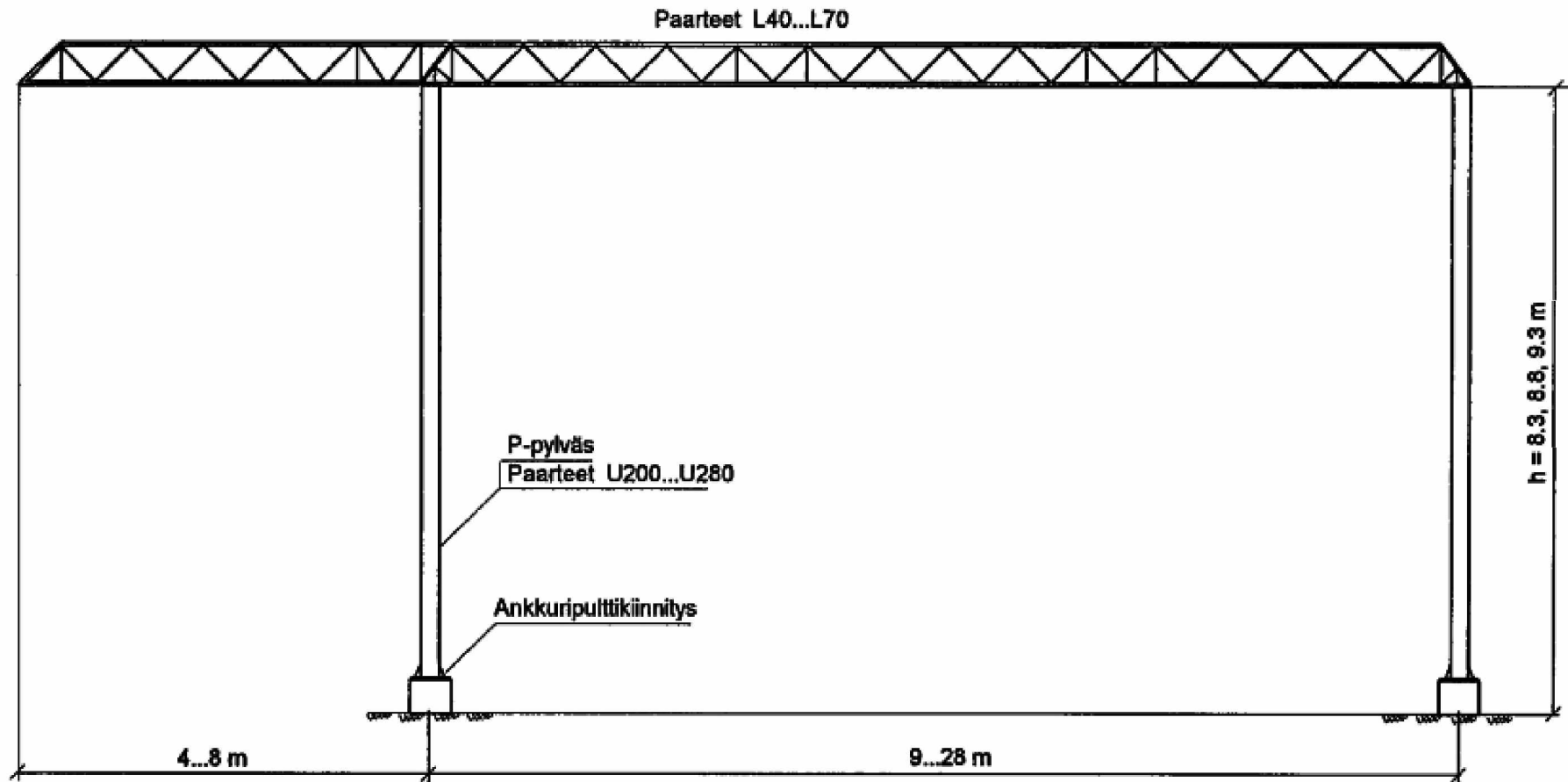
(SSR 8.6202) Harustettu I-pylväs



(SSR 8.6203) Yhden raiteen imumuuntajataline

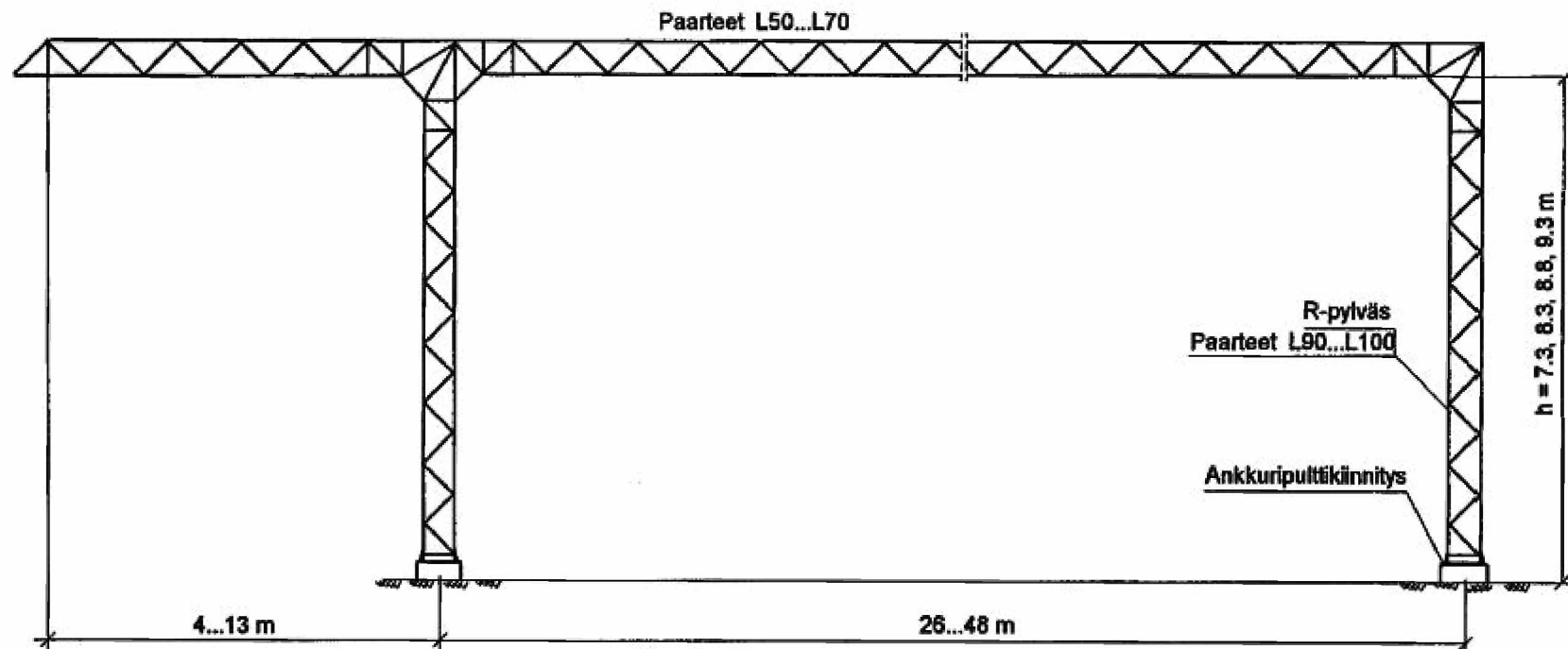


(SSR 8.6204) P-portaalit



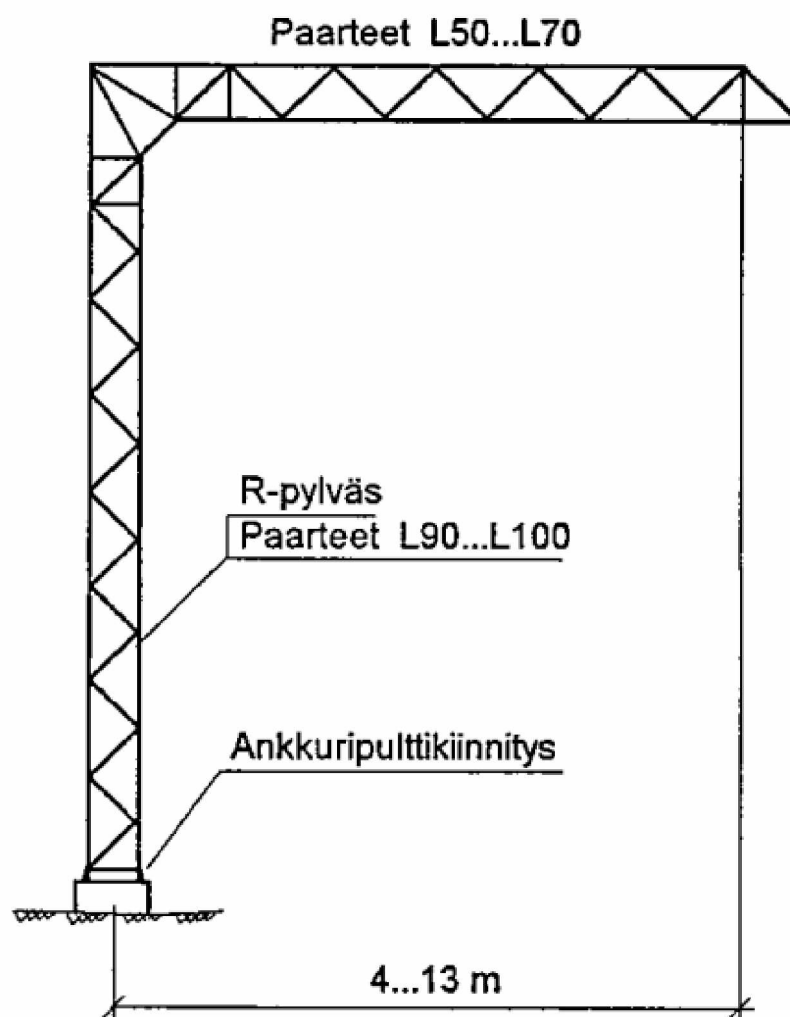
Tyypit: - Kevyt
- Keskiraskas
- Raskas

(SSR 8.6207) Kehäportaalit

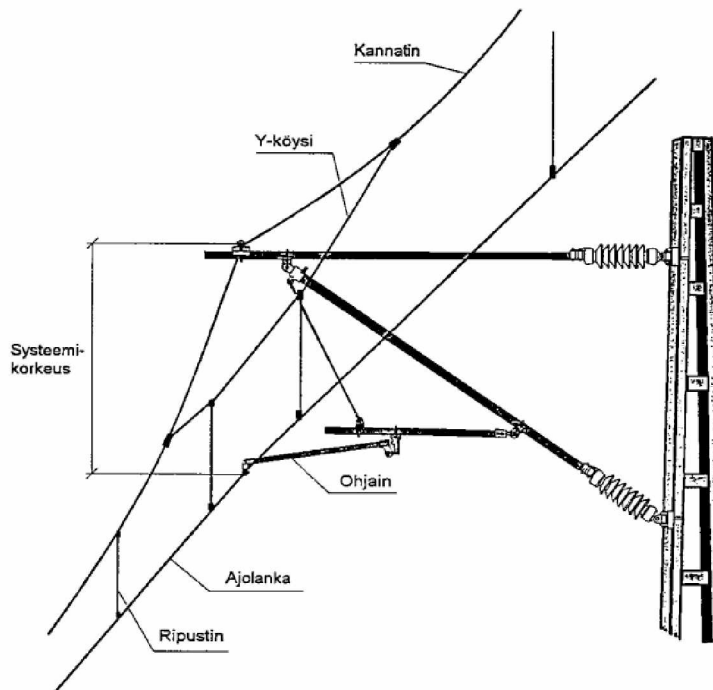


Tyypit: - Kevyt
- Raskas

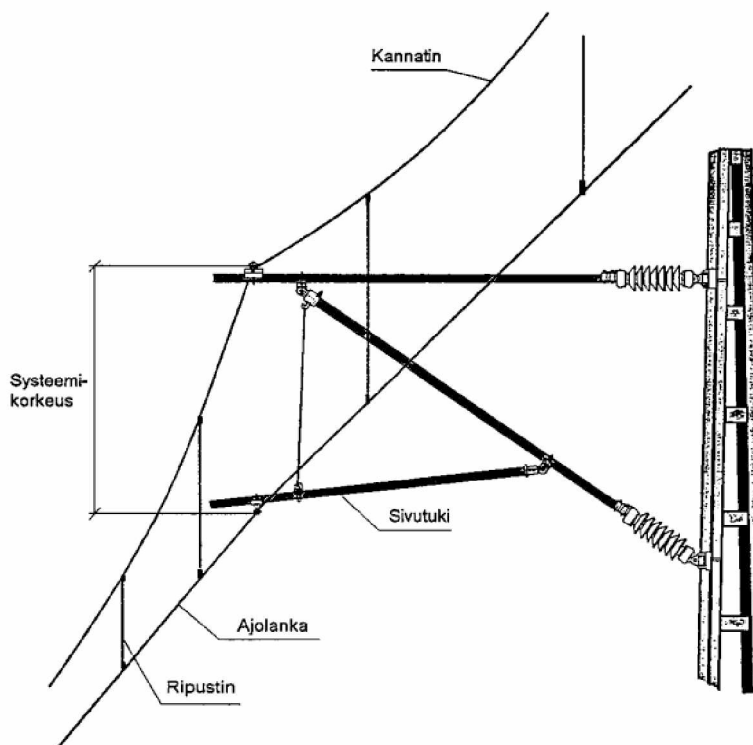
(SSR 8.6209) Ulokepylväs (ristikkojalalla)



(SSR 8.6301) Y-köydellinen ajojohdin, ohjain- ripustus

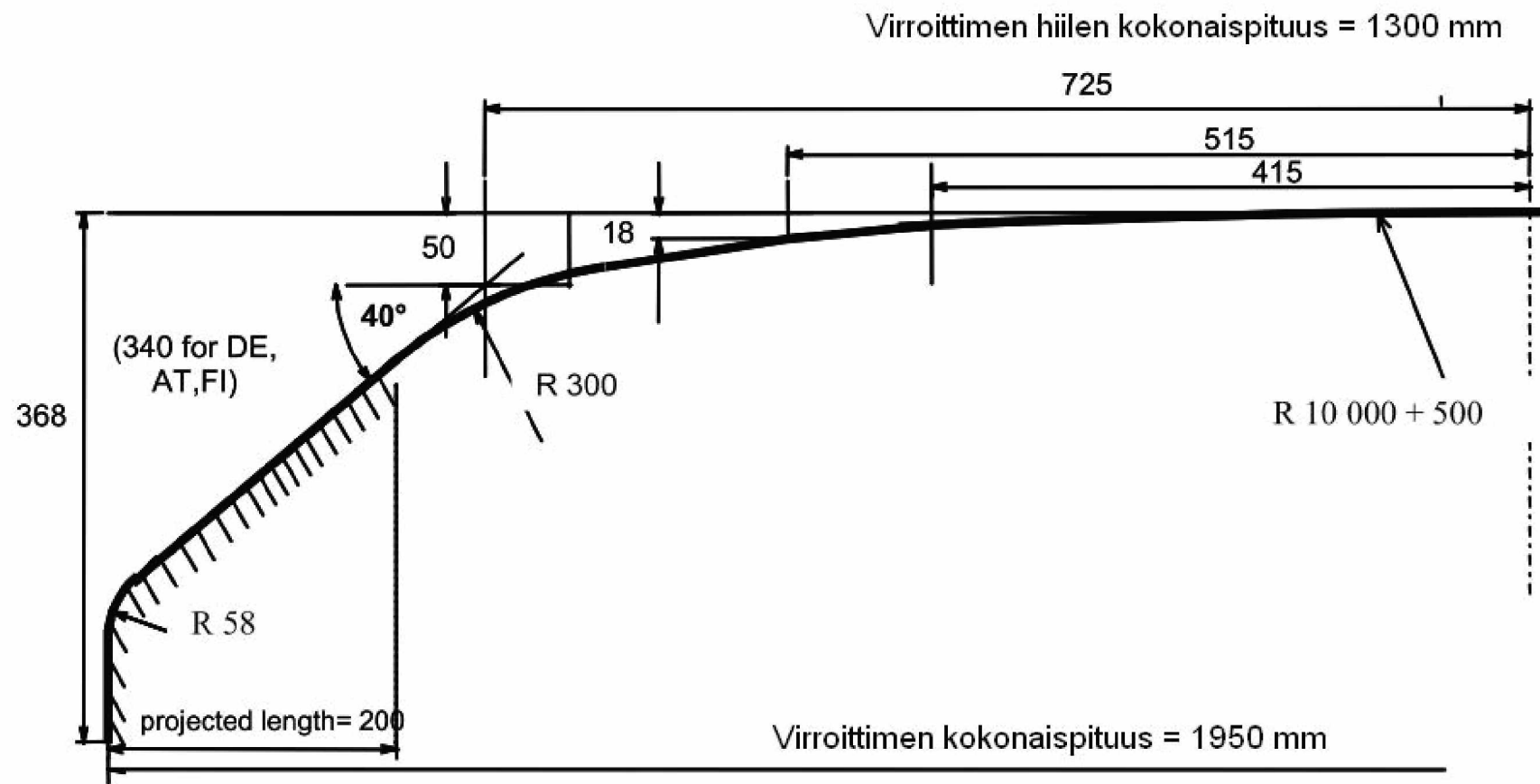


(SSR8.6303) Y-köydetön ajojohdin, sivutukiripustus



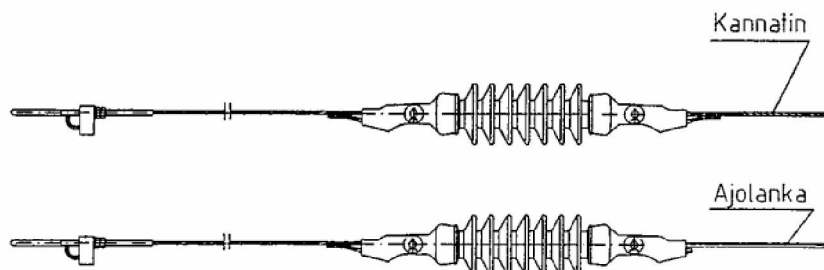
(SSR 8.6311) Virroittimen kontaktiosan muoto

EN 50367:n mukainen Suomessa käytettävä virroitinprofiili

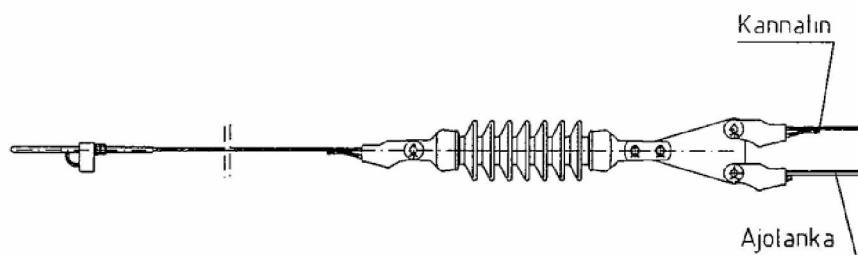


(SSR 8.6312) Pääteankkuroinnit

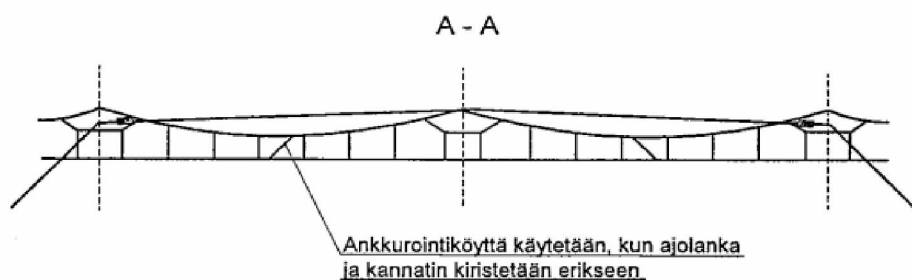
AJOLANKA JA KANNATIN ANKKUROITU ERIKSEEN



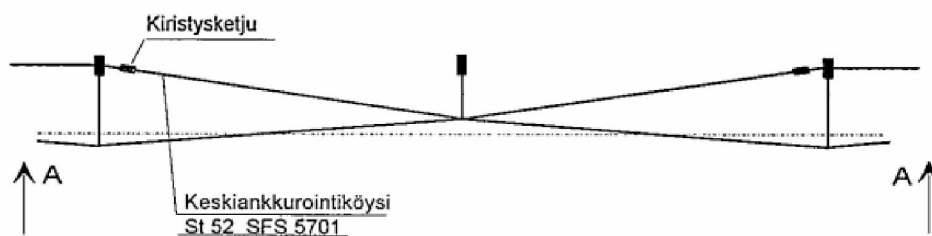
AJOLANKA JA KANNATIN ANKKUROITU YHDESSÄ



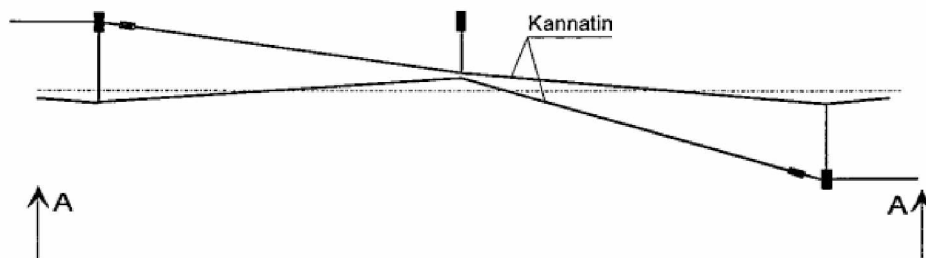
(SSR 8.6314) Keskiankkurointi



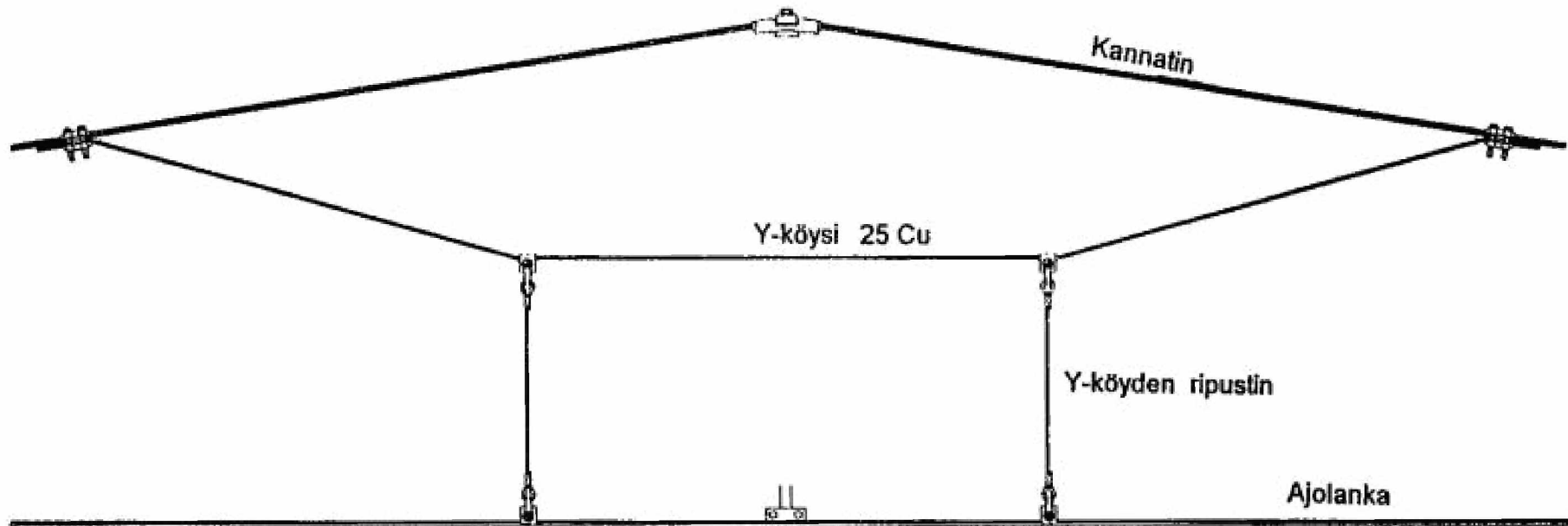
Malli I



Malli II

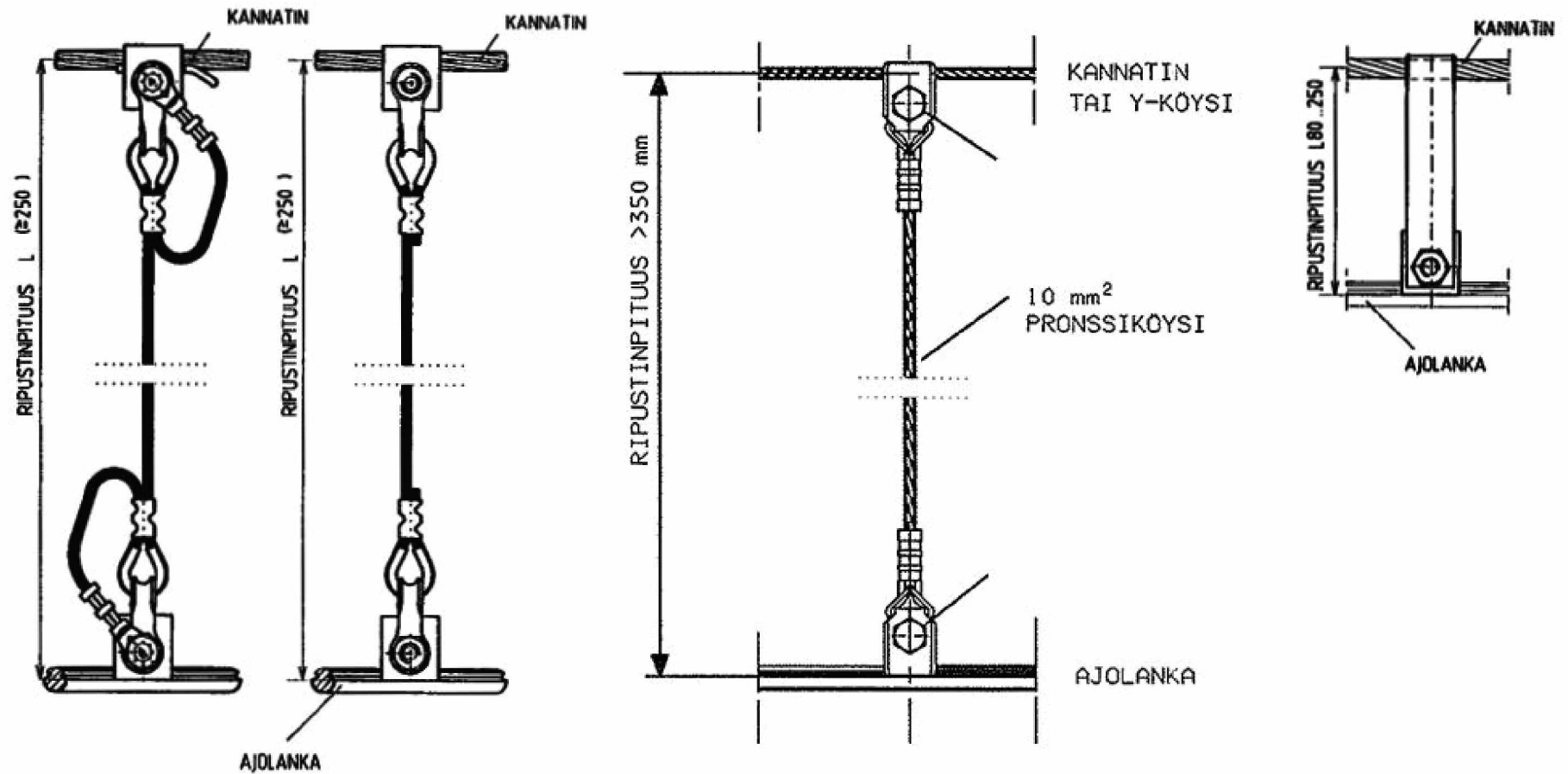


(SSR 8.6315) Y-köysi



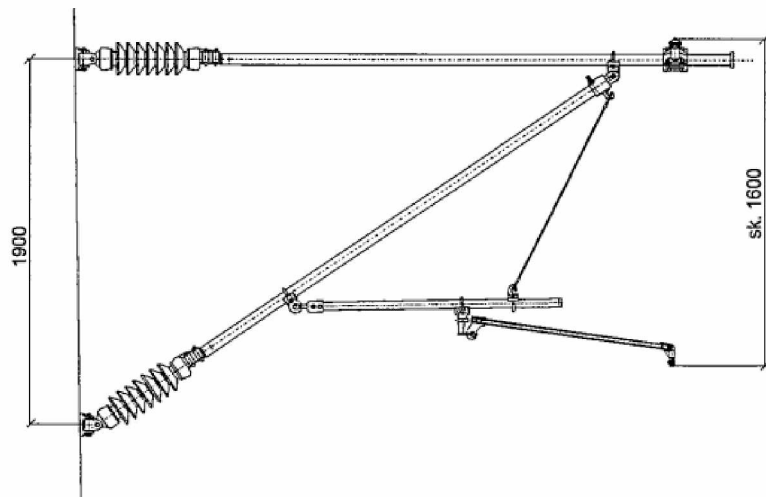
(SSR 8.6317) Ratajohdon erilaisia ripustimia

ERILAISIA RIPUSTINTYYPPEJÄ

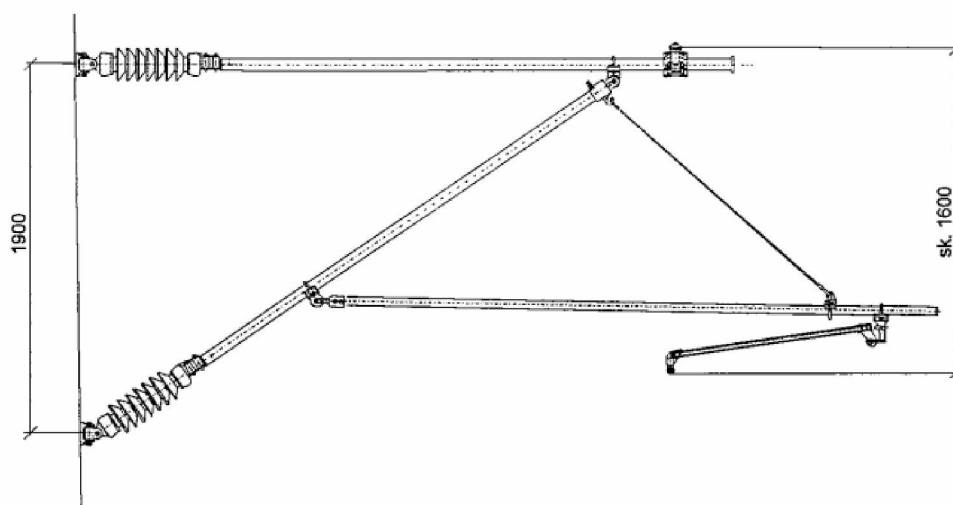


(SSR 8.6319) Erilaisia kääntöorsityyppejä

PÄÄRAITEEN VETO-ORSI

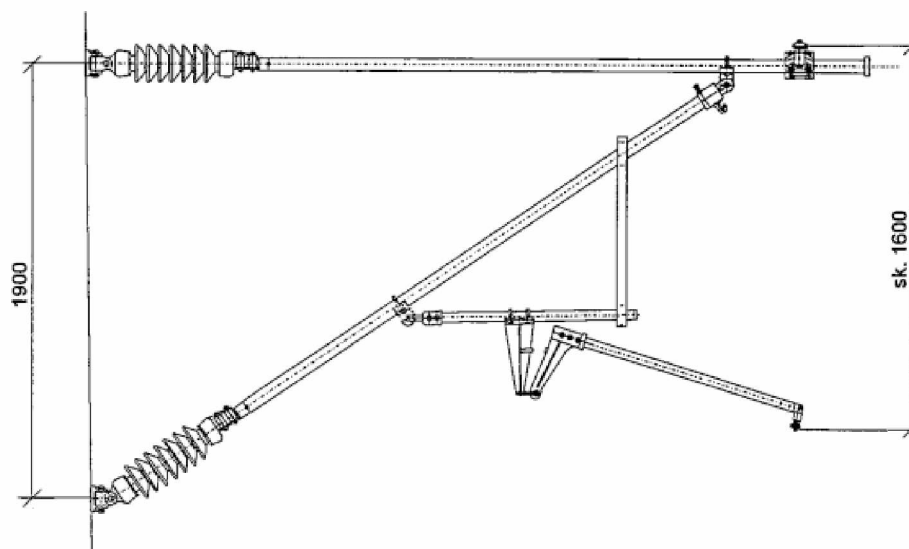


PÄÄRAITEEN PURISTUSORSI

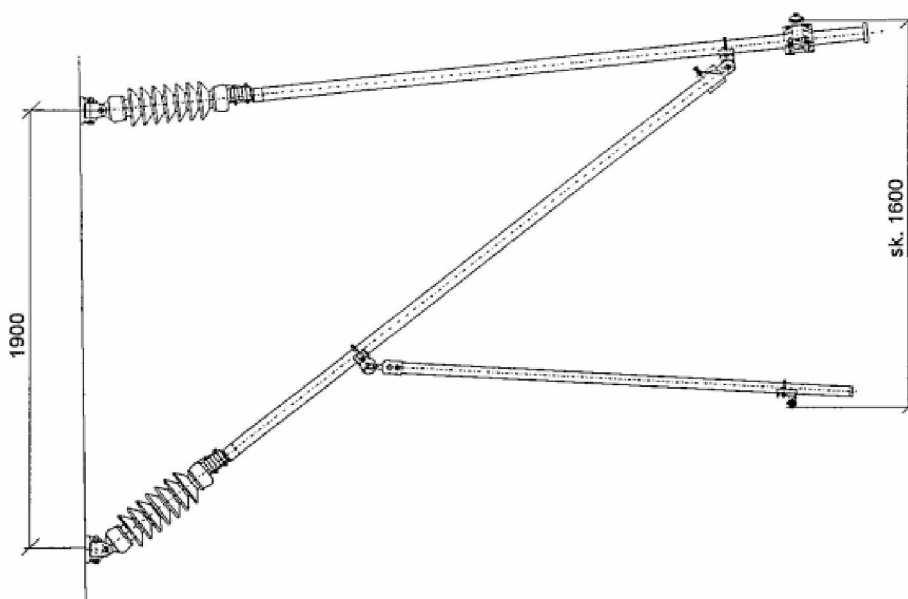


(SSR 8.6320) Erilaisia kääntöorsityyppejä

PÄÄRAITEEN VETO-ORSI (JYRKÄ KAAARRE)

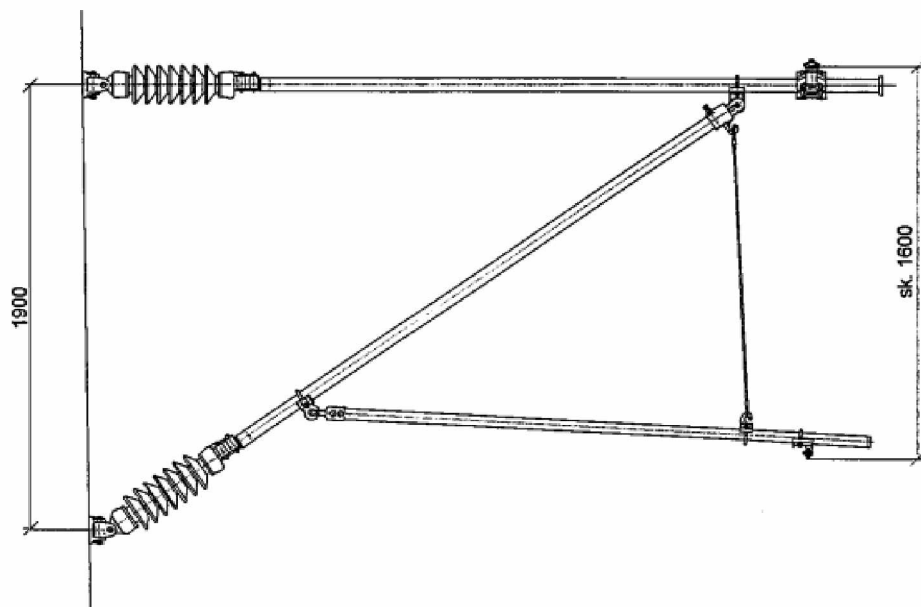


VÄLIPYLVÄÄN SIVUUNVIENTORSI

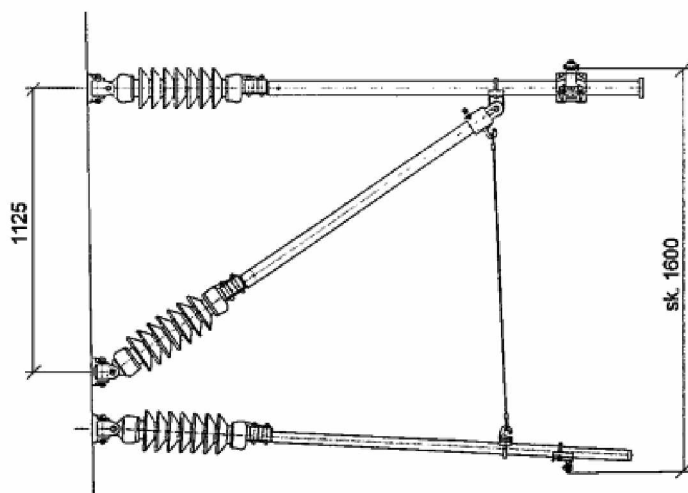


(SSR 8.6321) Erilaisia kääntöorsityyppejä

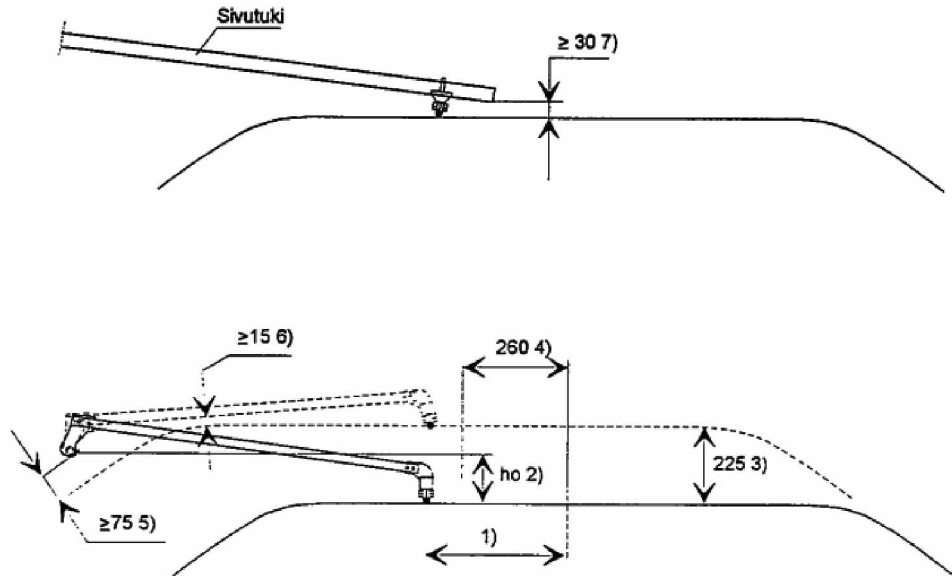
SIVURAITEEN 2-ERISTIMINEN ORSI



SIVURAITEEN 3-ERISTIMINEN ORSI



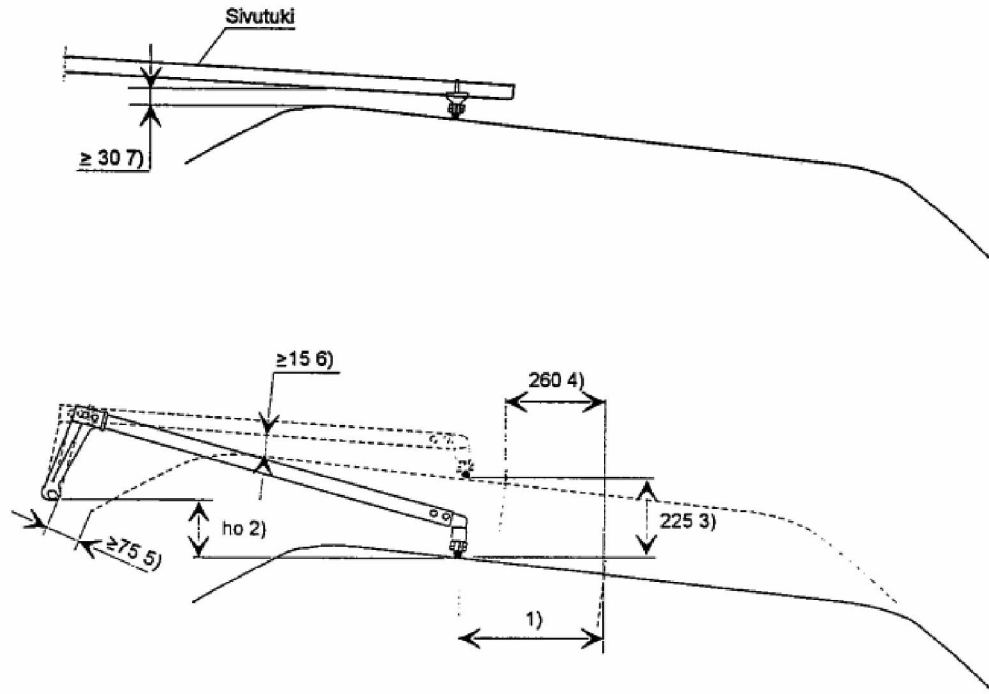
(SSR 8.6324) Ohjaimen käytönrajojen tarkistus, suora rata (esimerkki)



SUORA RATA

- 1) Siksak
- 2) Ohjaimen päiden korkeusero
(ho nim. - asennustoleranssi 10 mm)
- 3) Virroitimen "nousu"
200 mm ajolangan nousu
20 mm ajolangan ja virroitimen kulumisvara
5 mm ohjaimen taipuma
- 4) Virroitimen "sivuttaisliike"
105 mm raiteen aseman poikkeamasta aiheutuva
125 mm vetokaluston jousituksesta aiheutuva
30 mm ajolangan aseman poikkeamasta aiheutuva
- 5), 6) ja 7) Mekaaniset etäisyydet

(SSR 8.6325) Ohjaimen käytönrajojen tarkistus, kaarre (esimerkki)



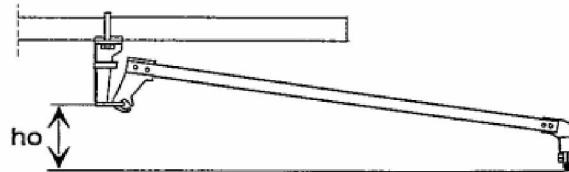
KAARRE

- 1) Siksak
- 2) Ohjaimen päiden korkeusero
(ho nim. - asennustoleranssi 10 mm)
- 3) Virroittimen "nousu"
200 mm ajolangan nousu
20 mm ajolangan ja virroittimen kulumisvara
5 mm ohjaimen taipuma
- 4) Virroittimen "sivuttaisliike"
105 mm raiteen aseman poikkeamasta aiheutuva
125 mm vetokaluston jousituksesta aiheutuva
30 mm ajolangan aseman poikkeamasta aiheutuva
- 5), 6 ja 7) Mekaaniset etäisyydet

(SSR 8.6327) Ohjaimet ja ohjaimen tuet

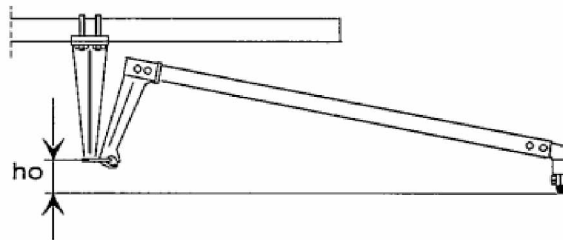
KUVA 1

Suora rata tai loiva kaarre
- normaali ohjain
- normaali ohjaimen tuki



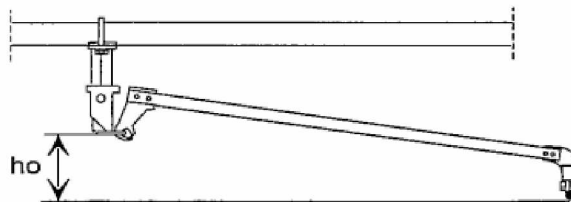
KUVA 2

Jyrkkä kaarre
- erikoisohjain
- pitkä ohjaimen tuki



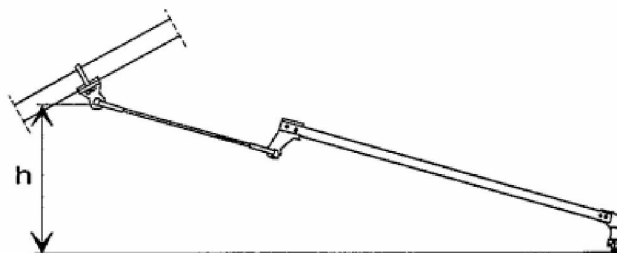
KUVA 3

Sillanalituskääntöorsi
- normaali ohjain
- säädettävä ohjaimen tuki



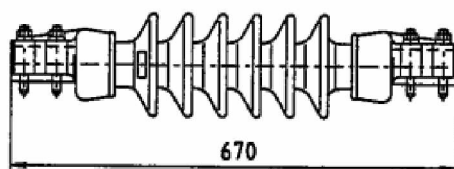
KUVA 4

Kaarre
- veto-orsi
- normaali ohjain
- ohjaimen köysi

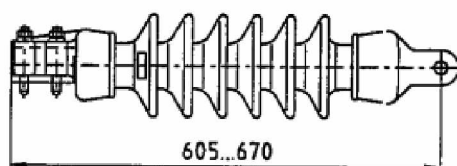


(SSR 8.6330/1) Sauvaeristintyypppejä

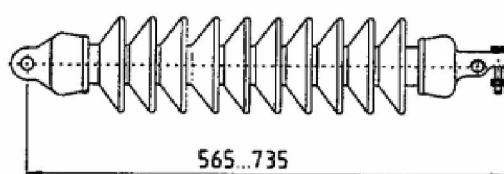
Alaeristin



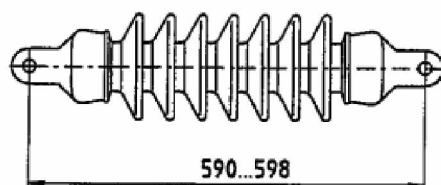
Alaeristin



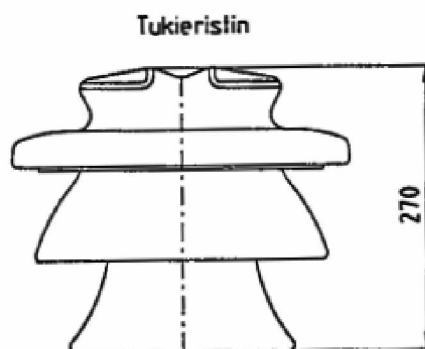
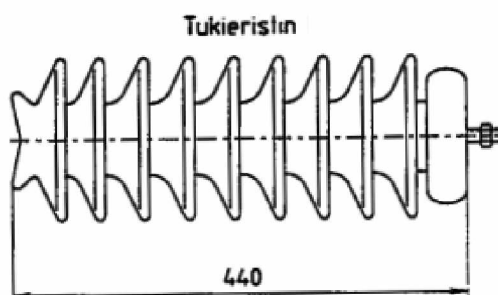
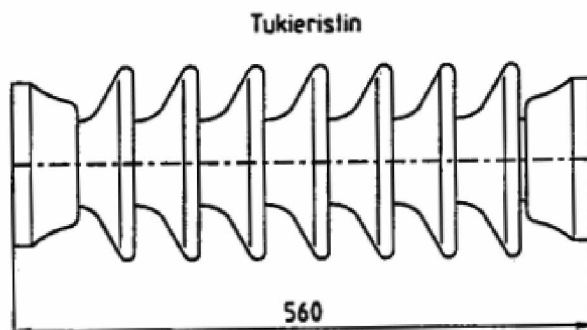
Yläeristin



Kirstyserislin

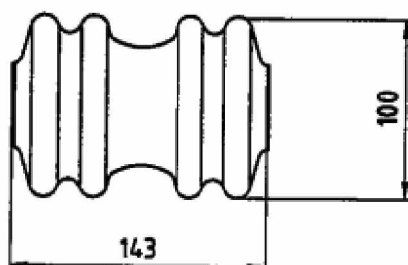


(SSR 8.6330/2) Tukieristintyypppejä

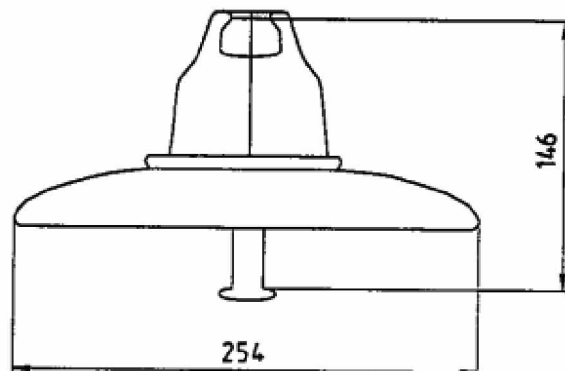


(SSR 8.6330/3) Rulla-, lautas- ja haruseristin

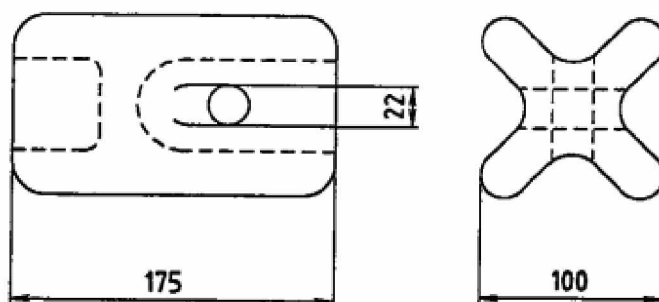
Rullaeristin



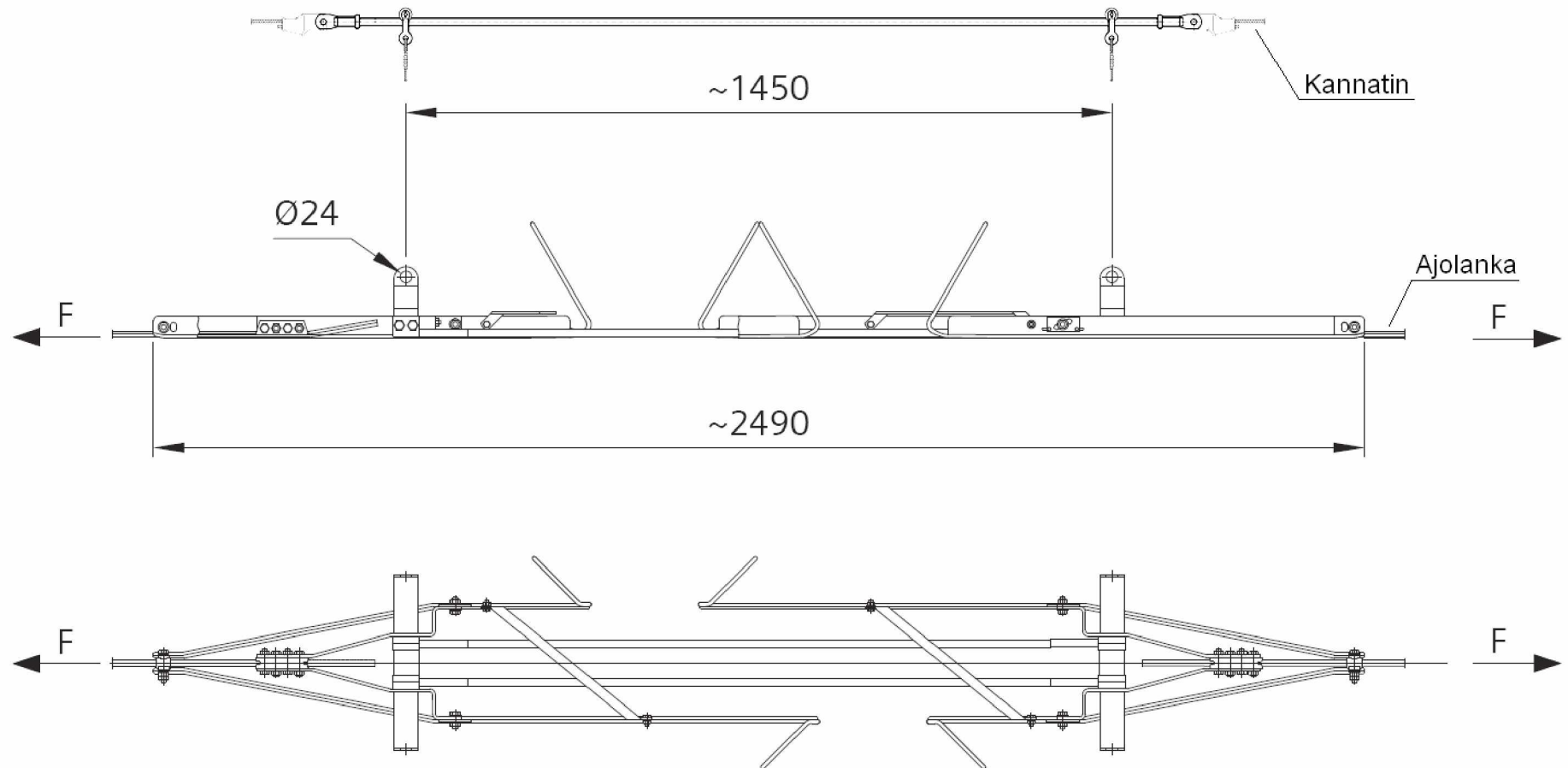
Lautaseristin



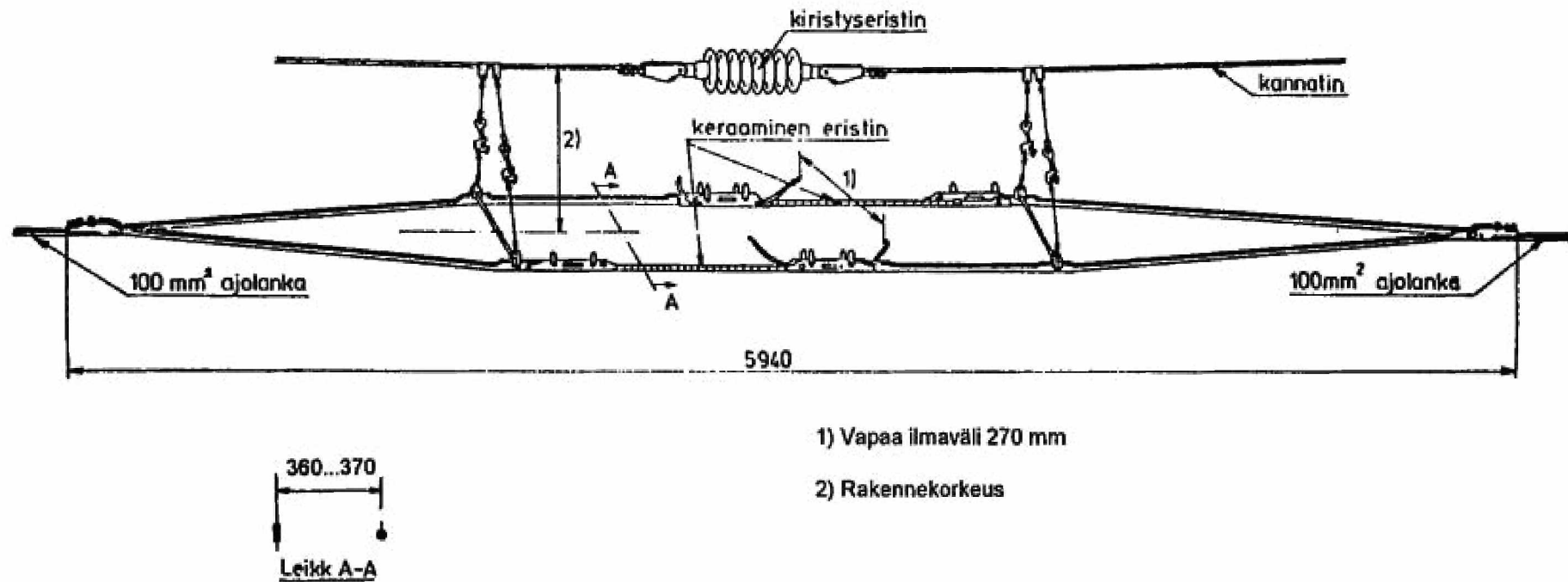
Haruseristin



(SSR 8.6330/4) Ryhmityseristin

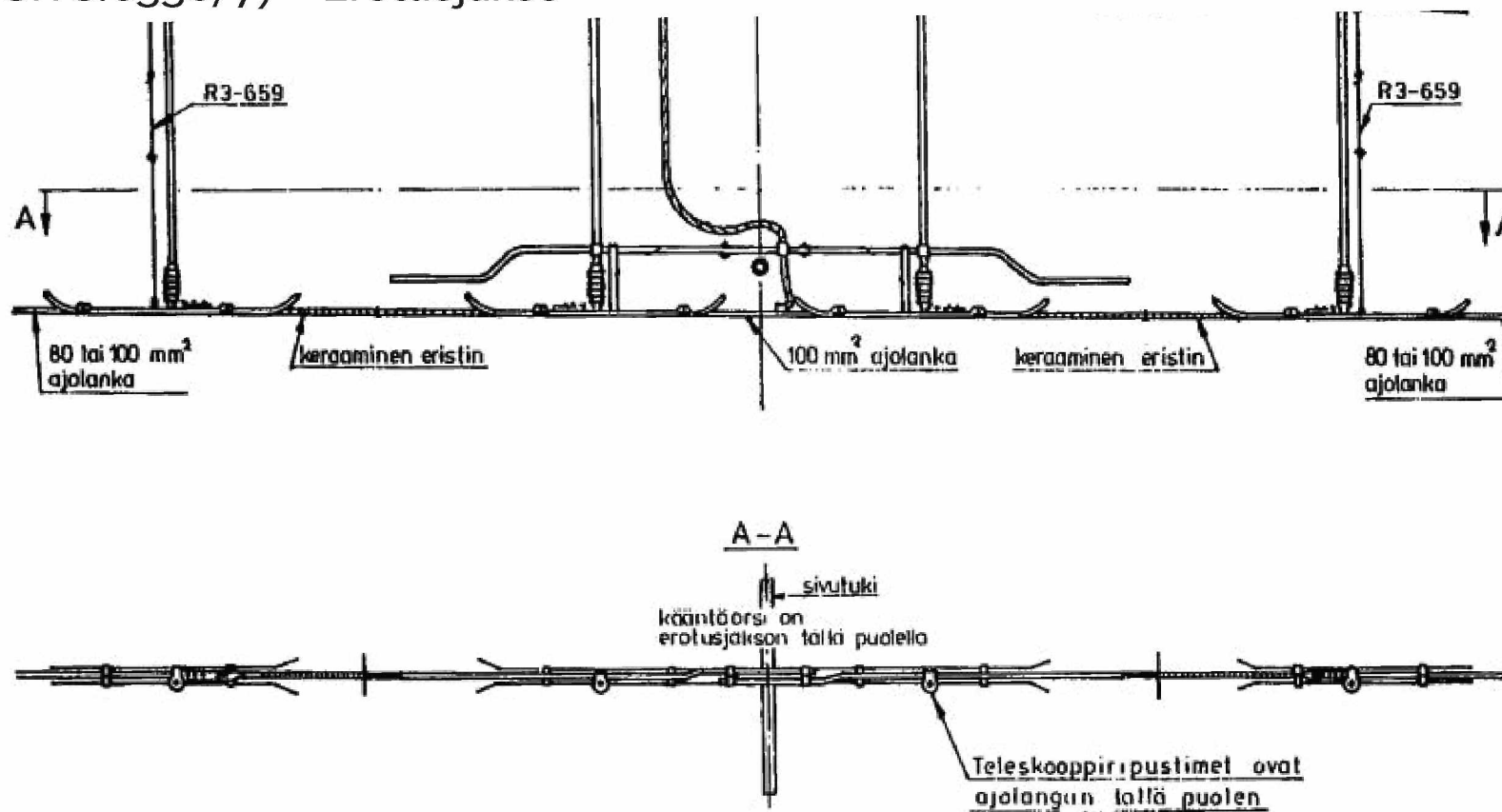


(SSR 8.6330/6) Ryhmityseristin



Suomessa käytettävä 160 km/h
ryhmityseristin

(SSR 8.6330/7) Erotusjakso

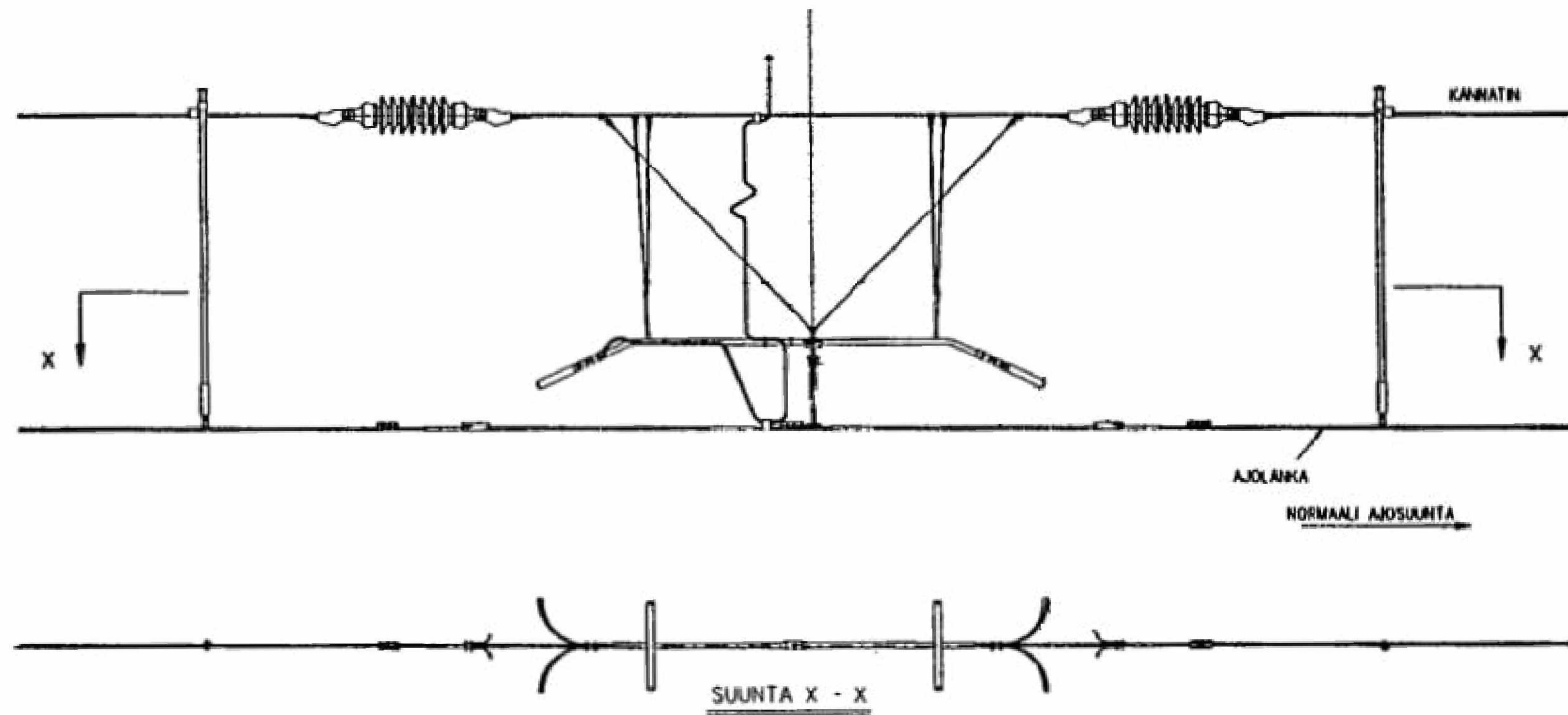


1) Erotusjaksossa käytetään kannattimessa joko sauva- tai lasikuitueristimiä (R3-278). Kuvassa on esitetty sauvaeristin.

Tekniset arvot	
Minimi velomurtolujuus	40,8 kN
Eristimen kestojännite (1 min, 50 Hz) sateessa vaakasuunnassa	105 kV
Ilmavälien kestojännite (1 min, 50 Hz) sateessa	75 kV
Eristimien ja ilmavälien kestojännite syöksyvaikutilla (1,2 / 50 µs)	170 kV
Sallitut systeemikorkeudet minimi / maksimi	75 / 200 cm
Erotusjakson kokonaispaino; sauvaeristimet kannattimessa	66 tai 72 kg
lasikuitueristimet — " —	44 kg
Sähköjunan sallittu maksimivauus	160 km/h

66 kg: eristin R5-316
72 kg: eristin R5-594

(SSR 8.6330/8) Erotusjakso

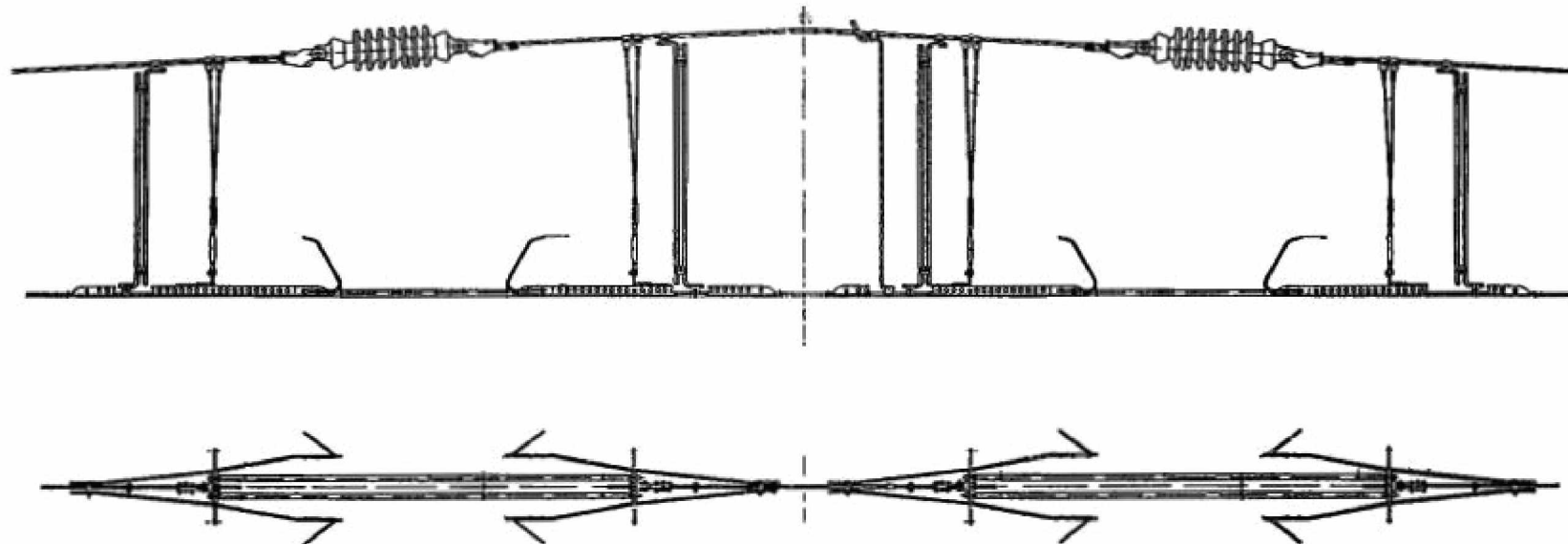


Teknilliset arvot	
Minimi velomurtolujuus	32,2 kN
Eristimen kestojäännile (1 min, 50 Hz) saleessa	105 kV
Eristimen kestojäännile syöksyaallolla (1,2/50 μ s)	170 kV
Ilmavälin kestojäännile (1 min, 50 Hz) kuivana	70 kV
Ilmavälin kestojäännile syöksyaallolla (1,2/50 μ s)	145 kV
Paino II	n 68 kg
Systeemikorkeus	110-160 cm
Sähköjunan maksiminopeus 2)	200 km/h

- II - Kannatinosan paino : 61,5 kg
- Ajolankaosan paino n 6,5 kg

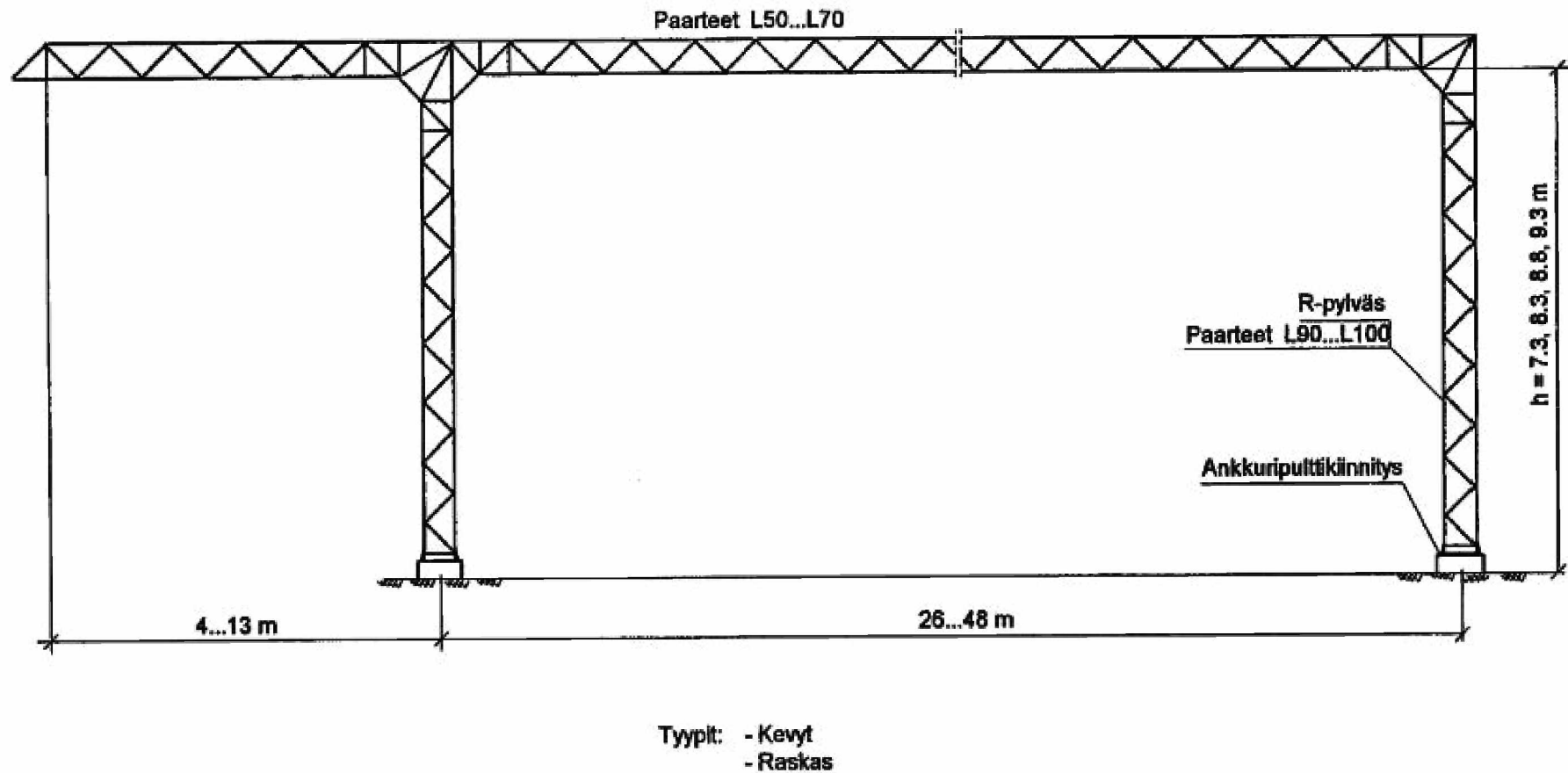
2) Valmistajan ilmoittama maksiminopeus

(SSR 8.6330/9) Erotusjakso

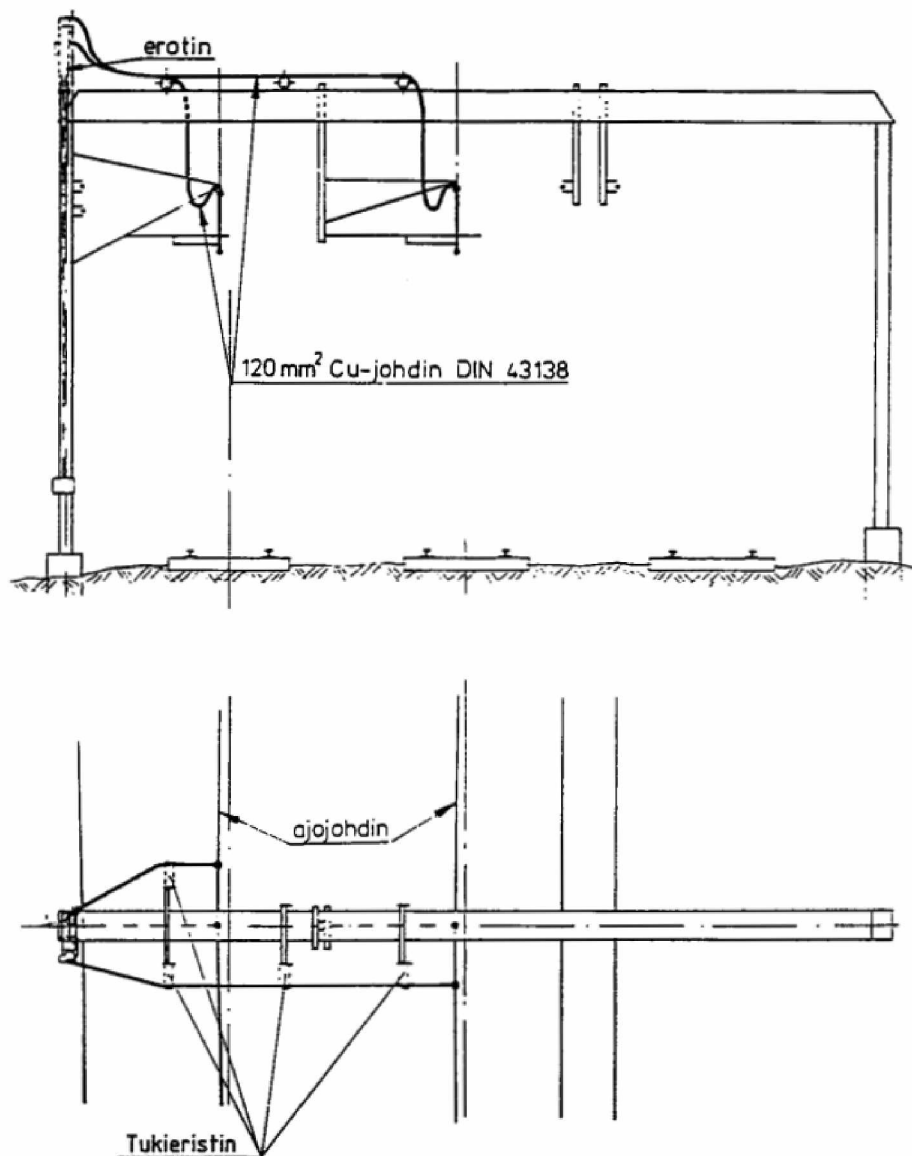


Teknilliset arvot	
Minimi vetomurtolujuus	32,2 kN
Eristimen kestoajännite (1min, 50Hz) sateessa	105 kV
Eristimen kestoajännite syöksyajalla (1,2/50µs)	170 kV
Ilmavälin kestoajännite (1min, 50Hz) kuivana	70 kV
Ilmavälin kestoajännite syöksyajalla (1,2/50µs)	145 kV
Paino	kg
Minimi systeemi korkeus	750 mm
Sähköjunan maksiminopeus	160 km/h

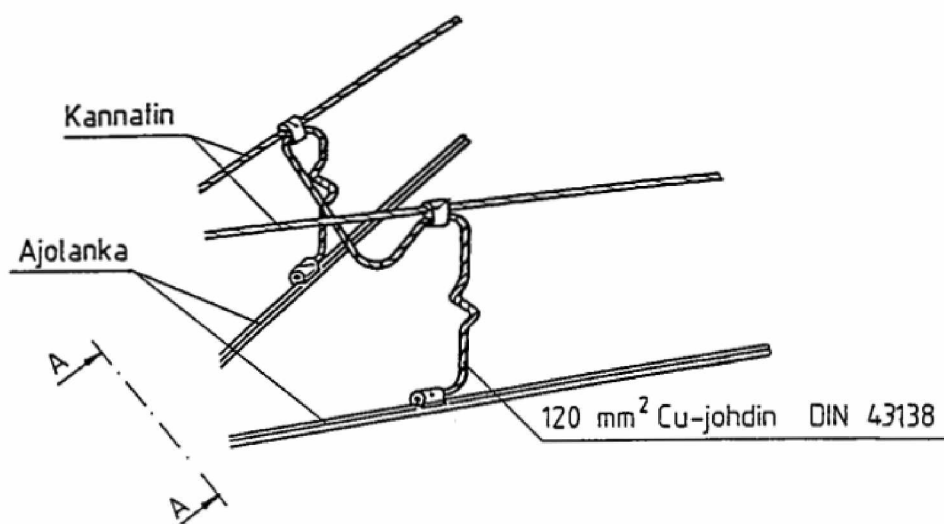
(SSR 8.6332) Pitkittäiserottimen liitännä ajojohtimeen



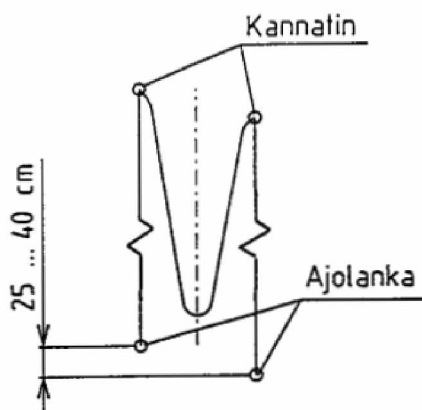
(SSR 8.6334) Ratapihaerottimen liitäntä ajojohtimeen



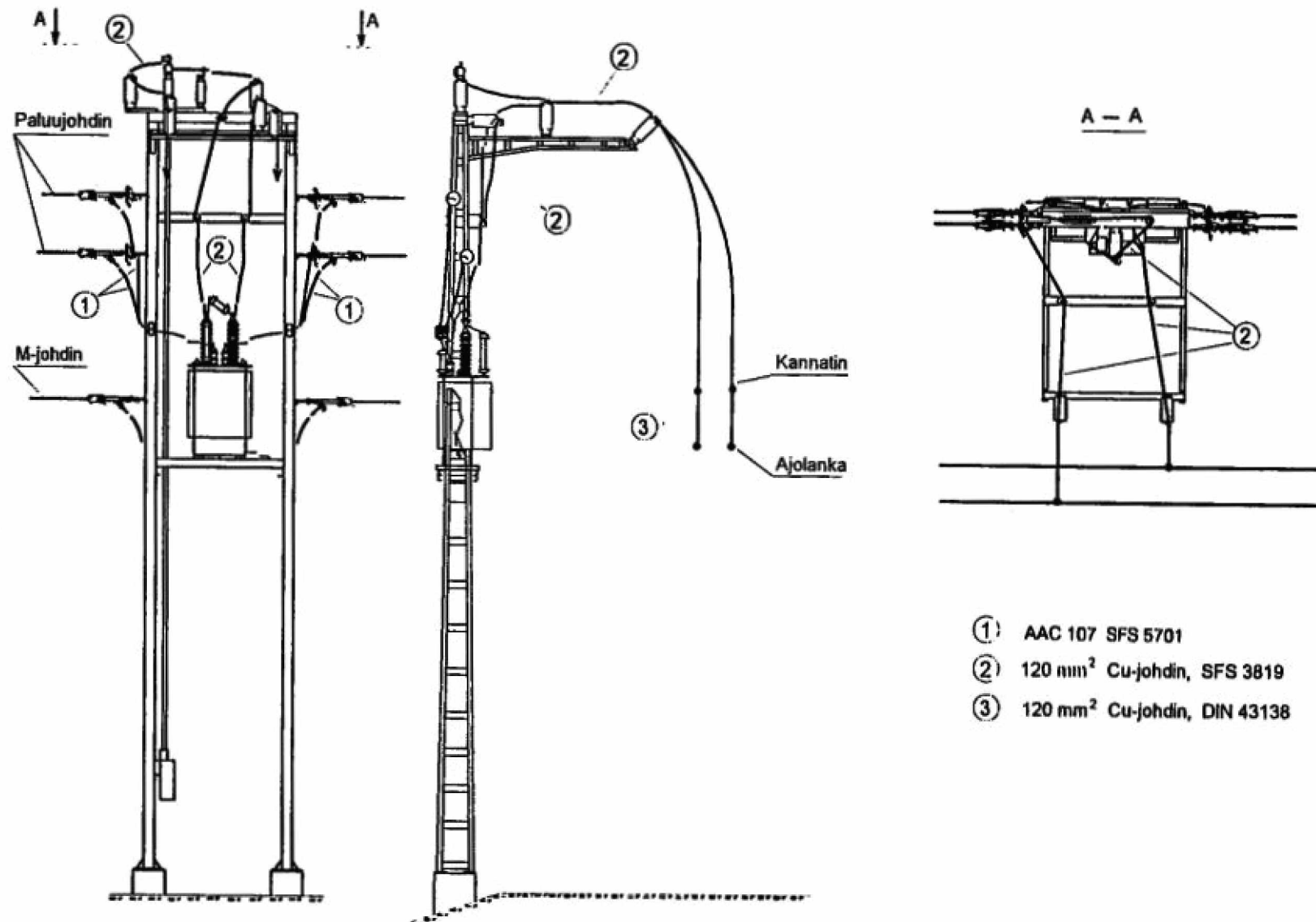
(SSR 8.6335) Ajojohtimien välinen virtaliitäntä suljetussa kentässä ja vaihteessa



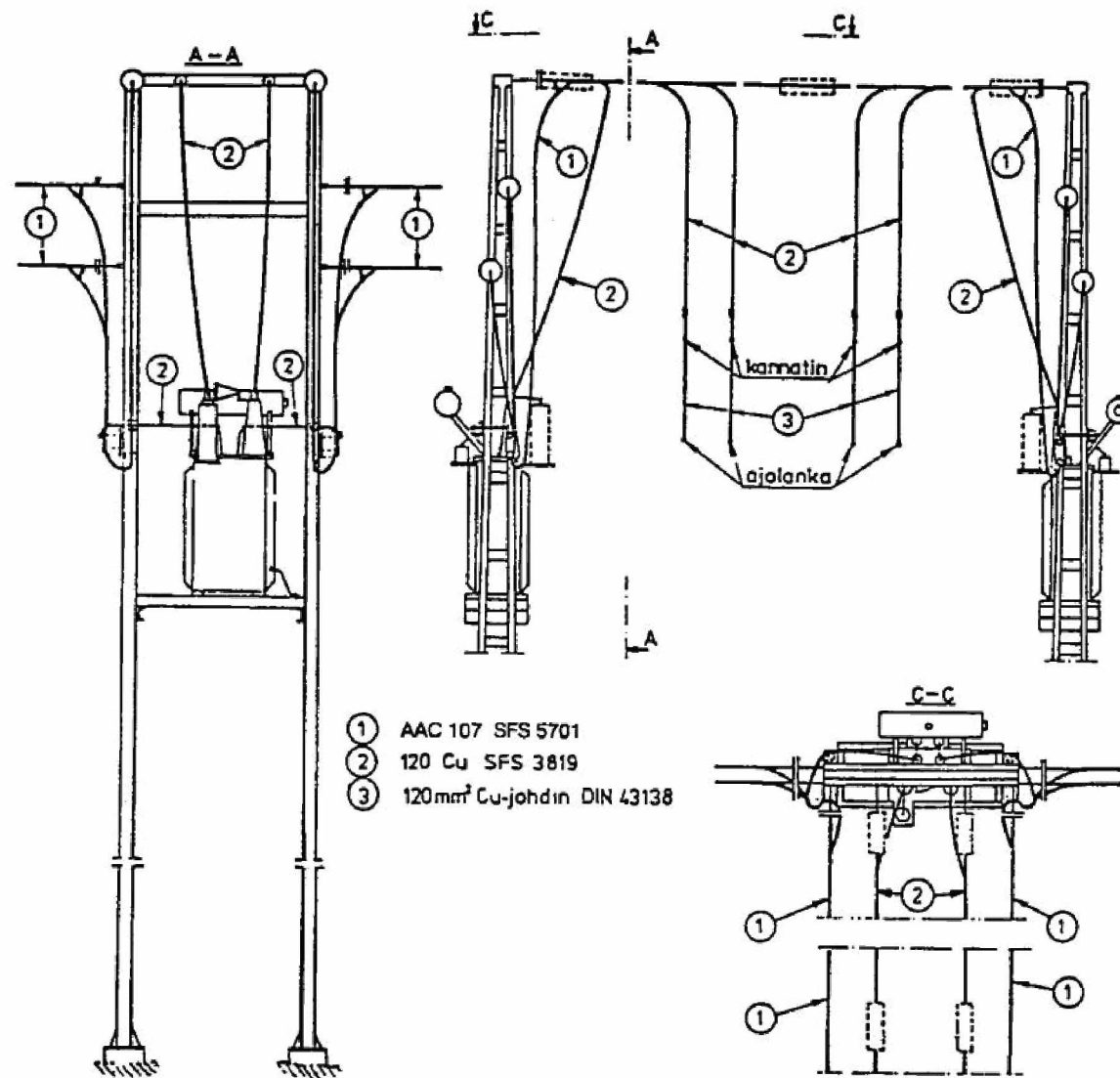
A - A



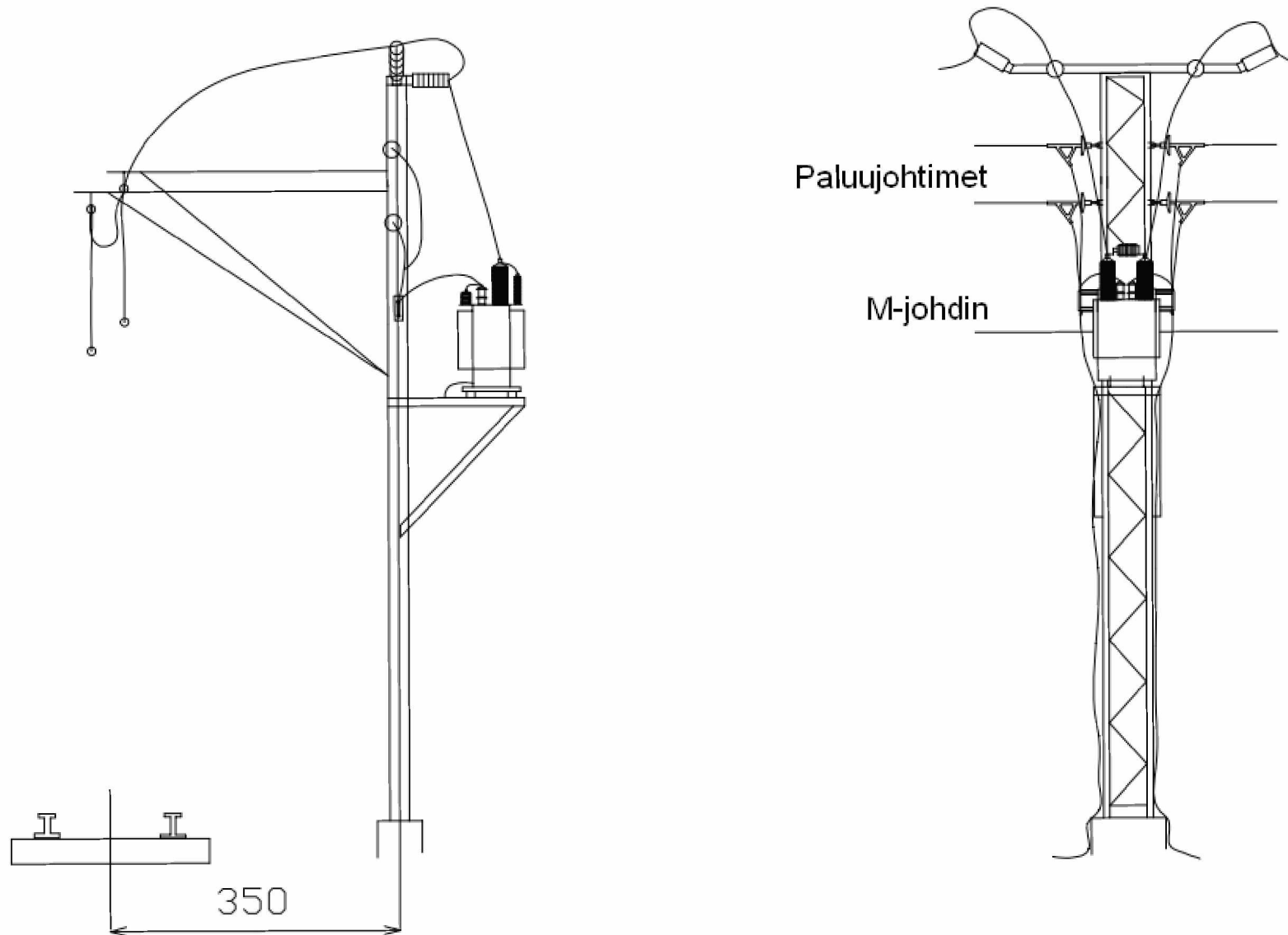
(SSR 8.6336) Yksiraiteisen radan imumuuntajaliitântä ratajohtoon



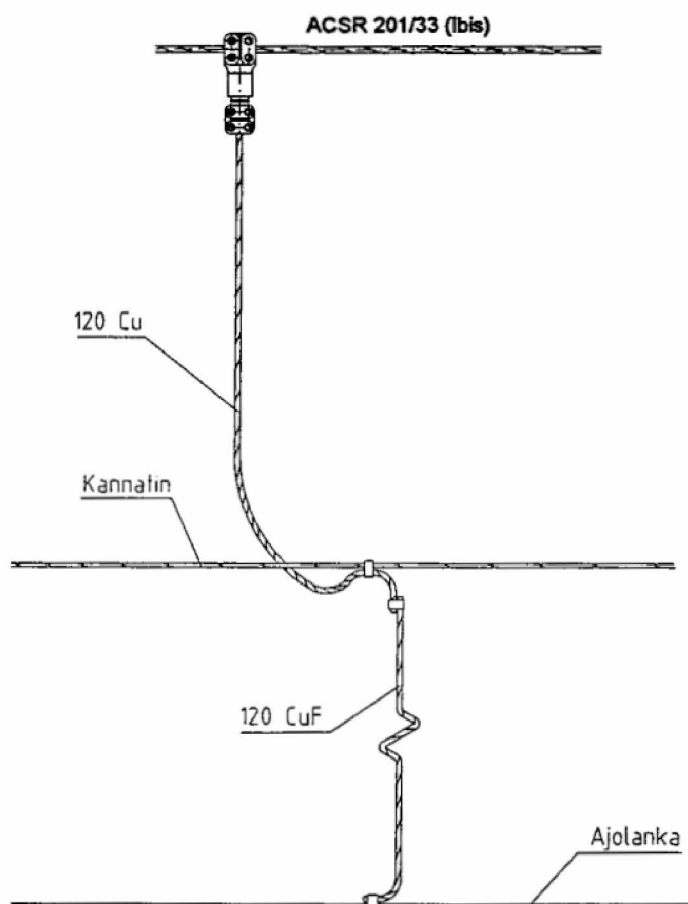
(SSR 8.6337) Kaksiraiteisen radan imumuuntajaliitäntä ratajohtoon



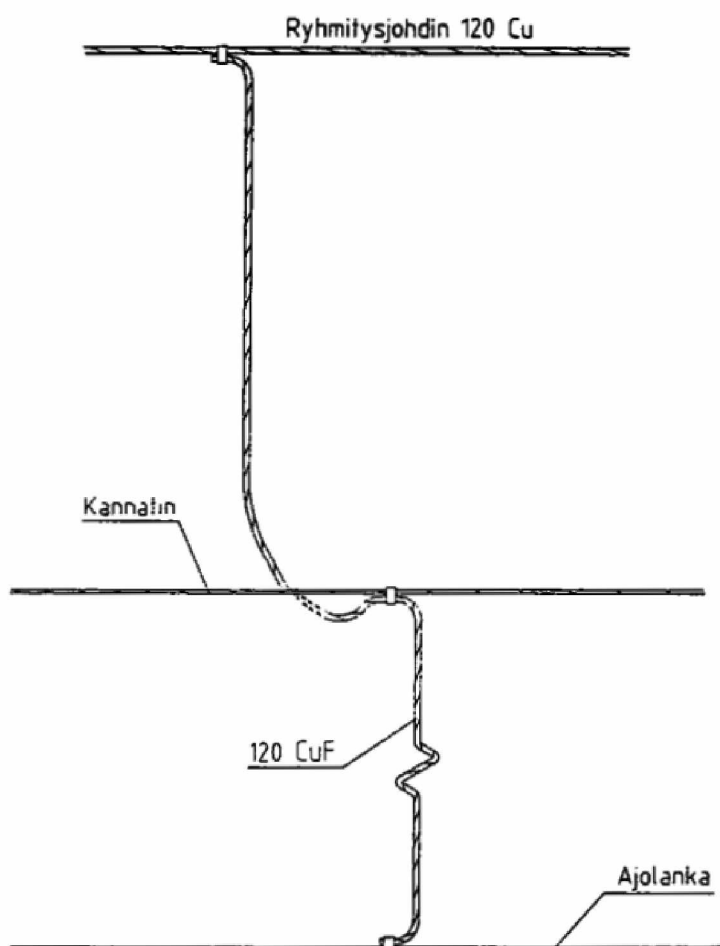
Imumuuntaja asennettuna P-pylväaseen



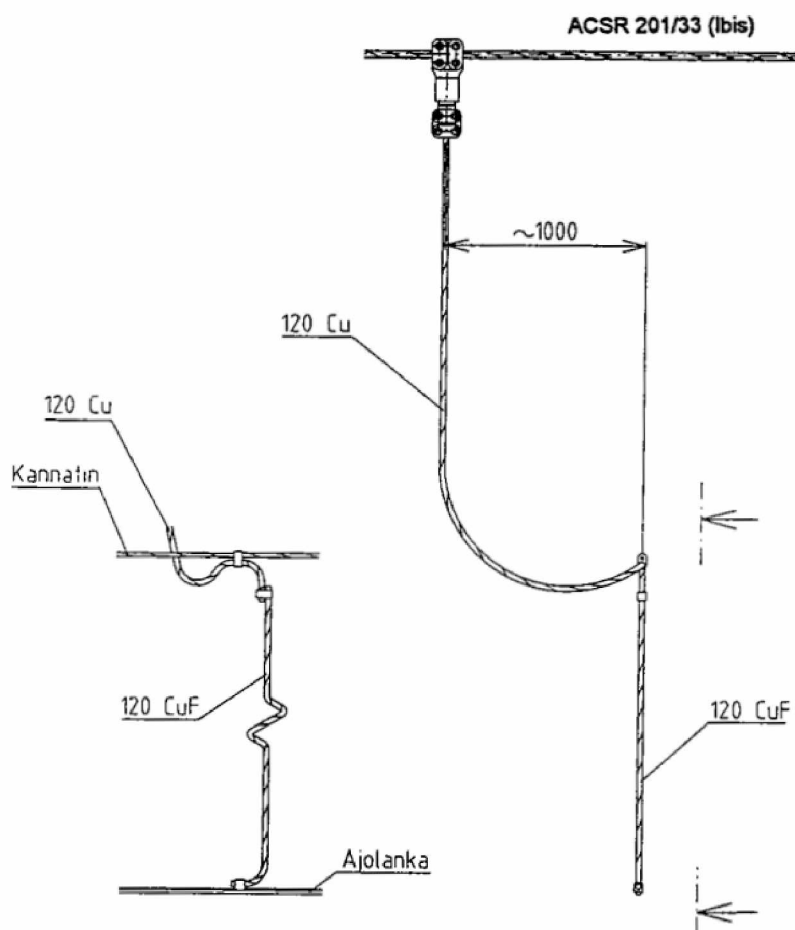
(SSR 8.6339) Syöttöjohtimen liitäntä ajojohtimeen



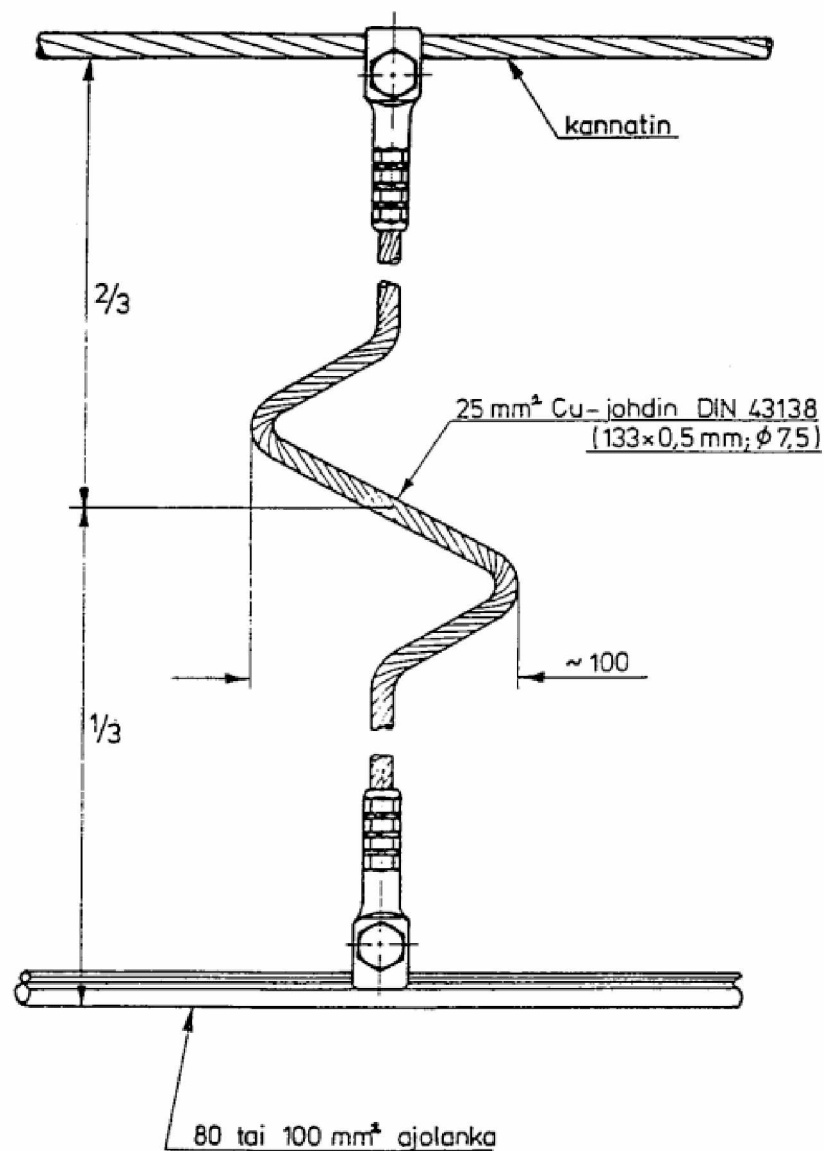
(SSR 8.6340) Ryhmitysjohtimen liitäntä ajojohtimeen



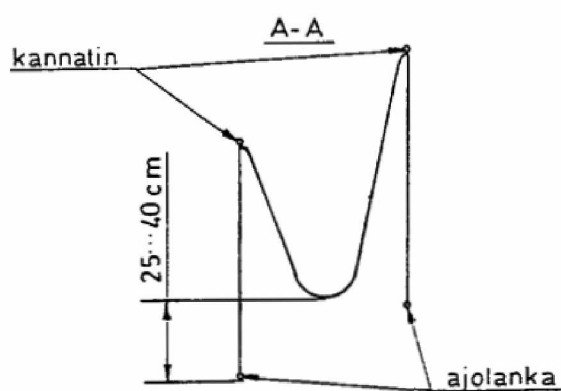
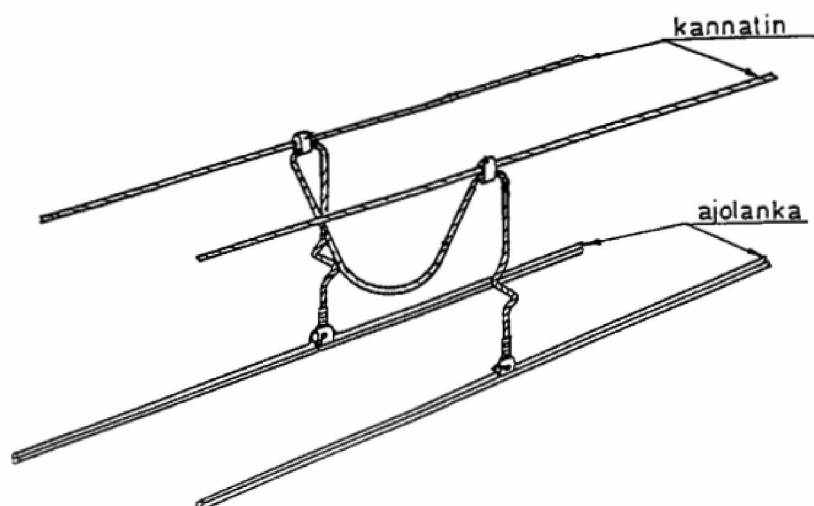
(SSR 8.6341) Radanylitysjohtimen liitännä ajojohtimeen



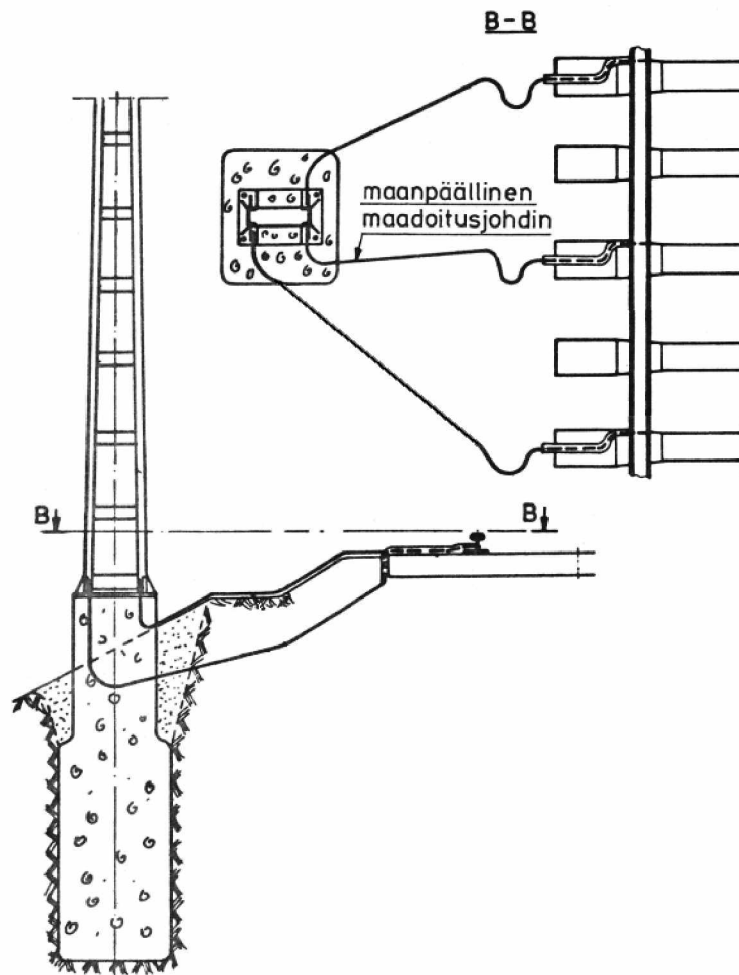
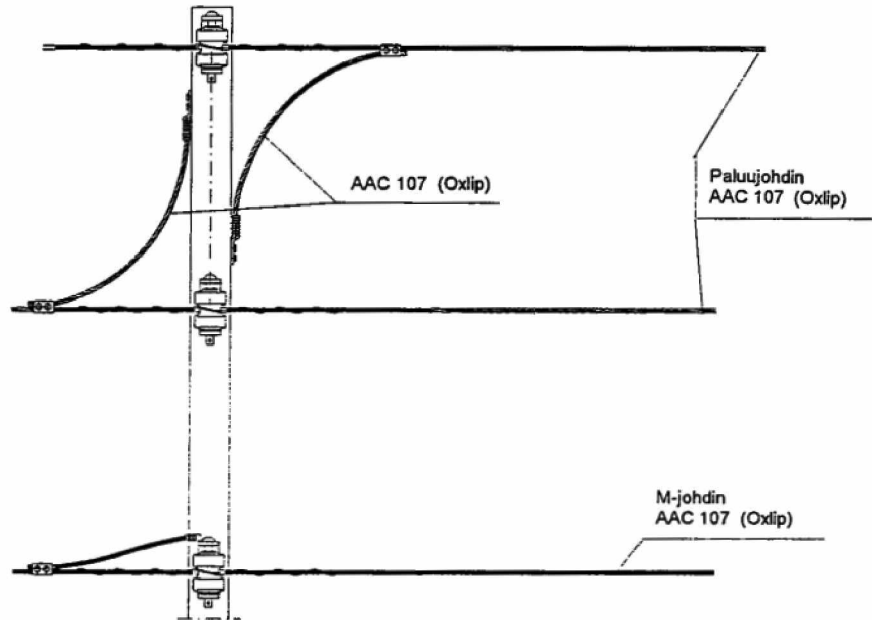
(SSR 8.6342) Kannattimen ja ajolangan välinen potentiaaliliitäntä



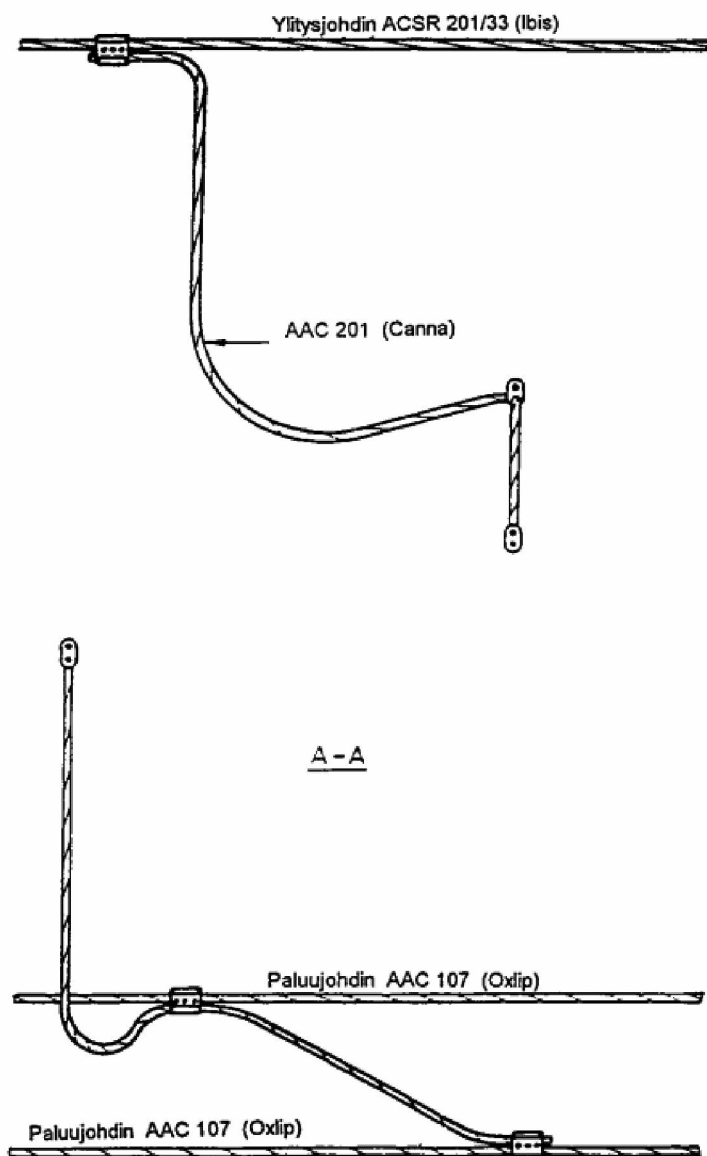
(SSR 8.6343) Erotuskentän potentialiliitäntä



(SSR 8.6345) Paluu- ja M-johtimen liitântä
PKL-pylväällä ja PKL-pylvään liitântä
paluukiskoon

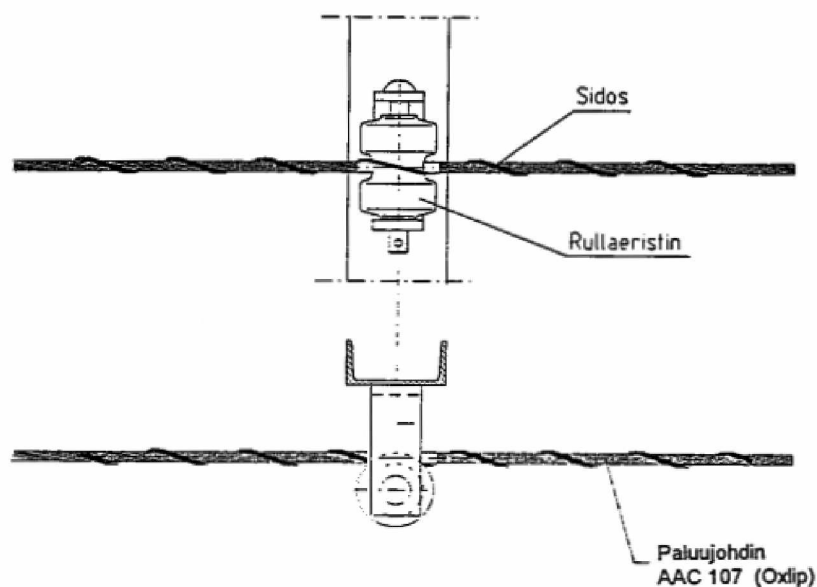


(SSR 8.6346) Paluujohtimen yhdistäminen radanylitysjohtimeen

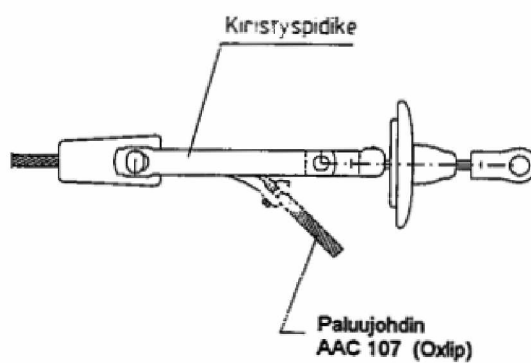


(SSR 8.6347/1) Paluujohtimen kannatusrakenne ja kiristysketju

PALUUJOHTIMEN KANNATUSRAKENNE

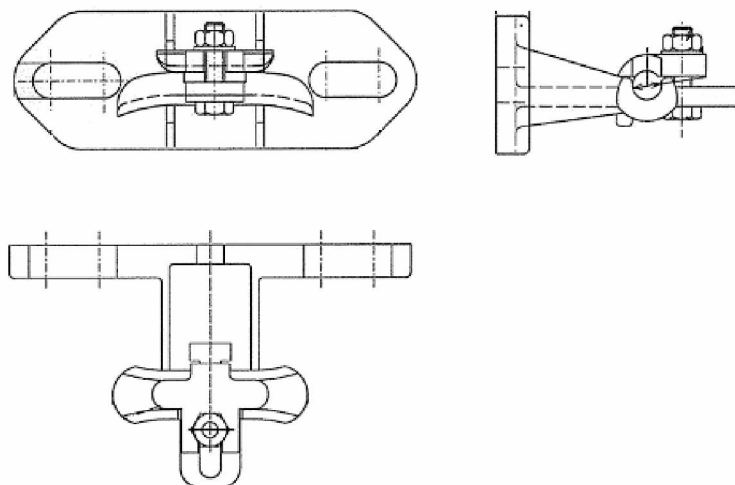


PALUUJOHTIMEN KIRISTYSKETJU

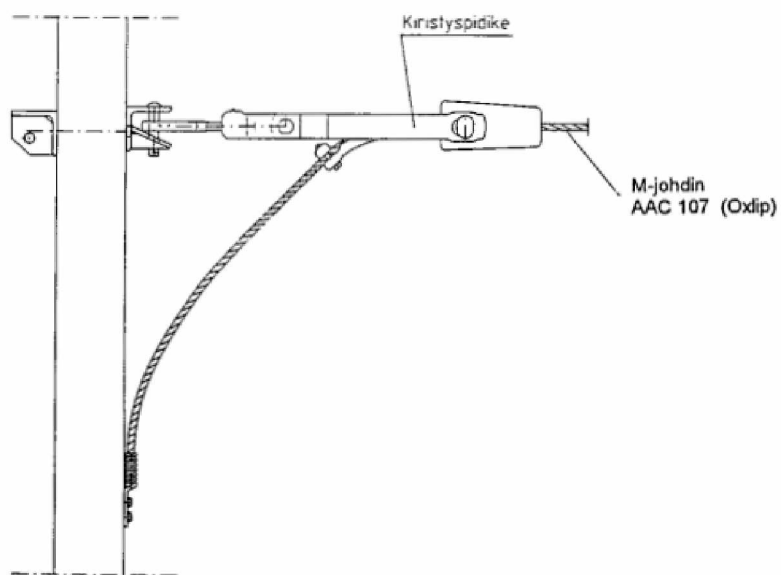


(SSR 8.6347/2) M-johtimen kannatusrakenne ja kiristysketju

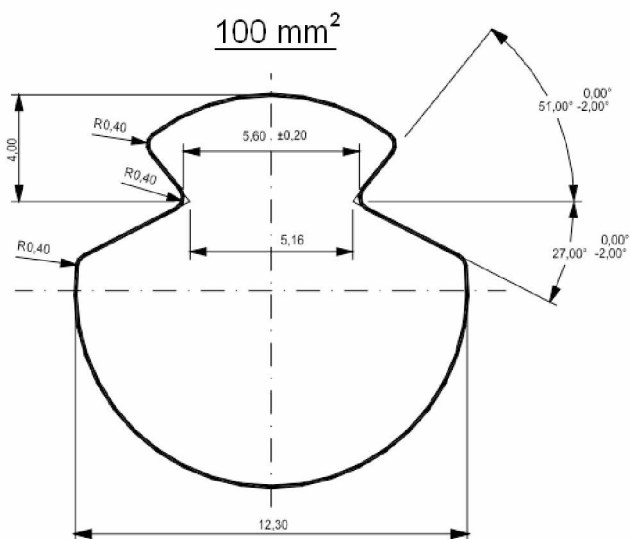
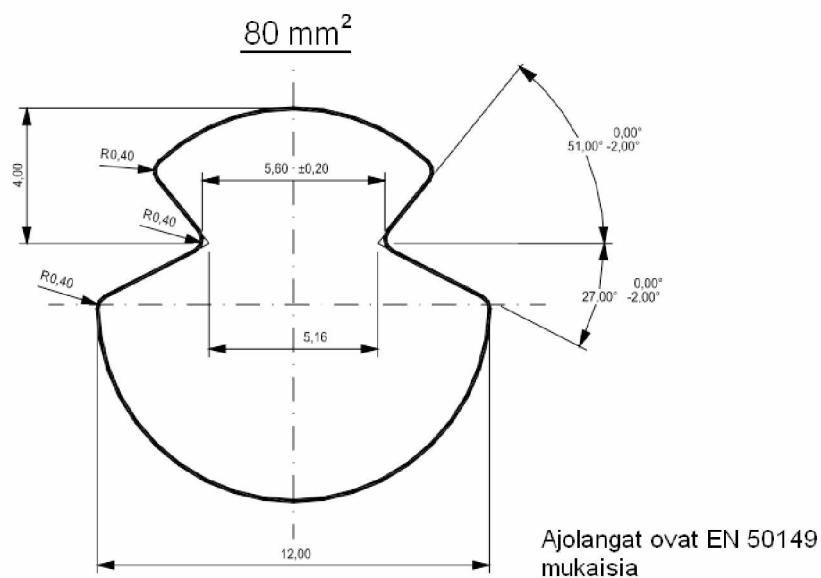
M-JOHTIMEN KANNATUSPIDIKE



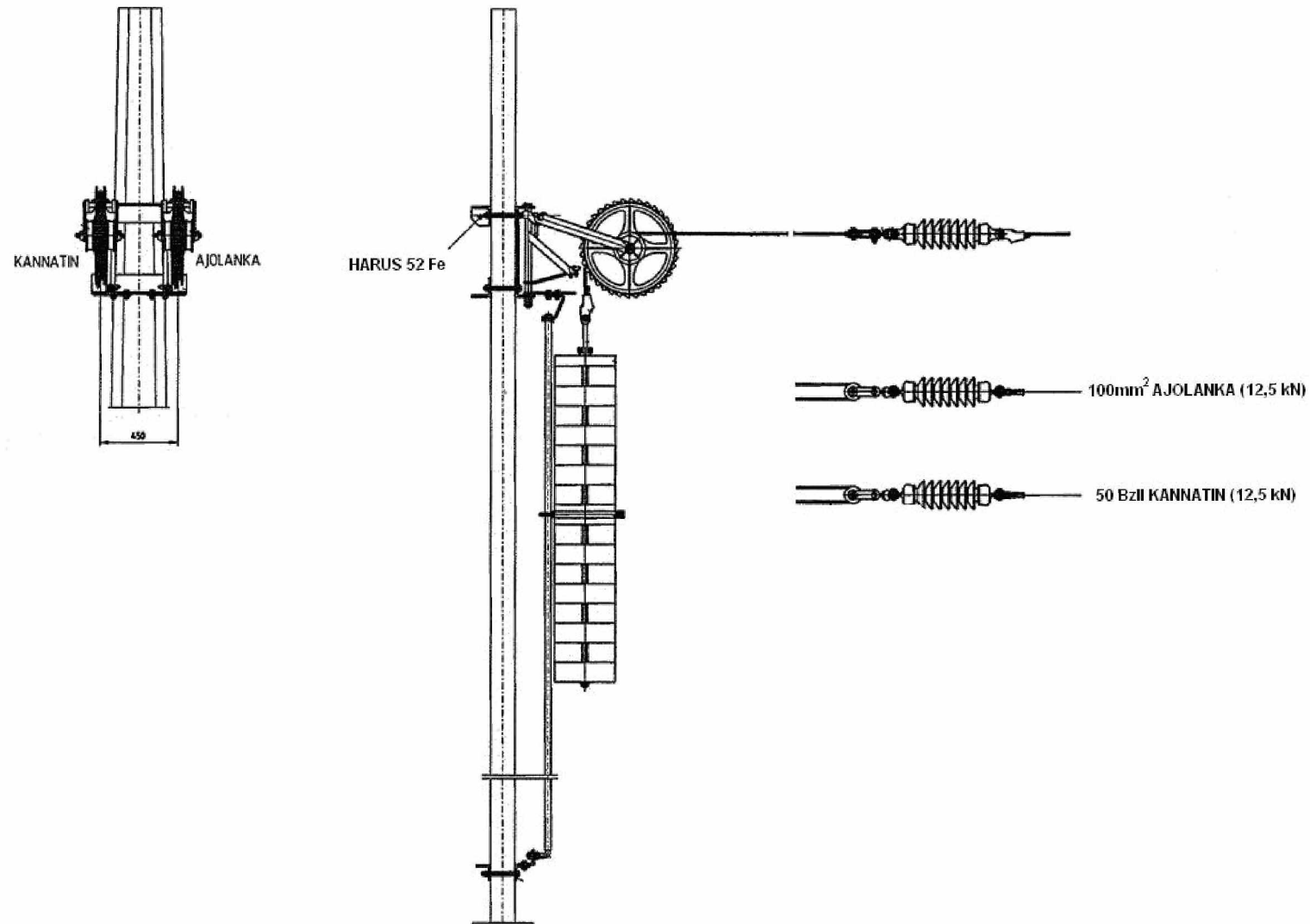
M-JOHTIMEN KIRISTYSKETJU I-PYLVÄÄLLÄ



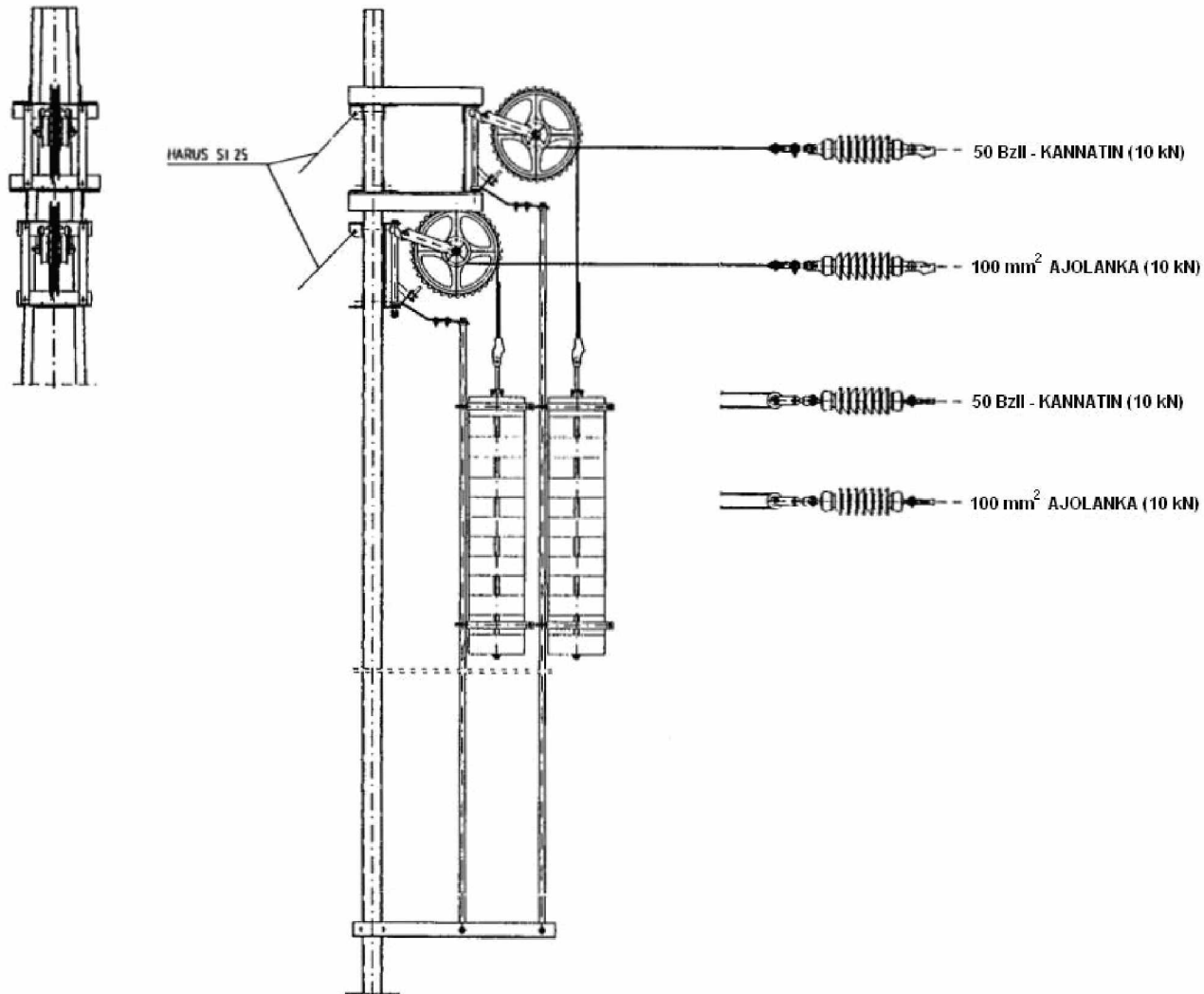
(SSR 8.6350) 80 ja 100 mm² ajolankojen poikkipintojen mitat



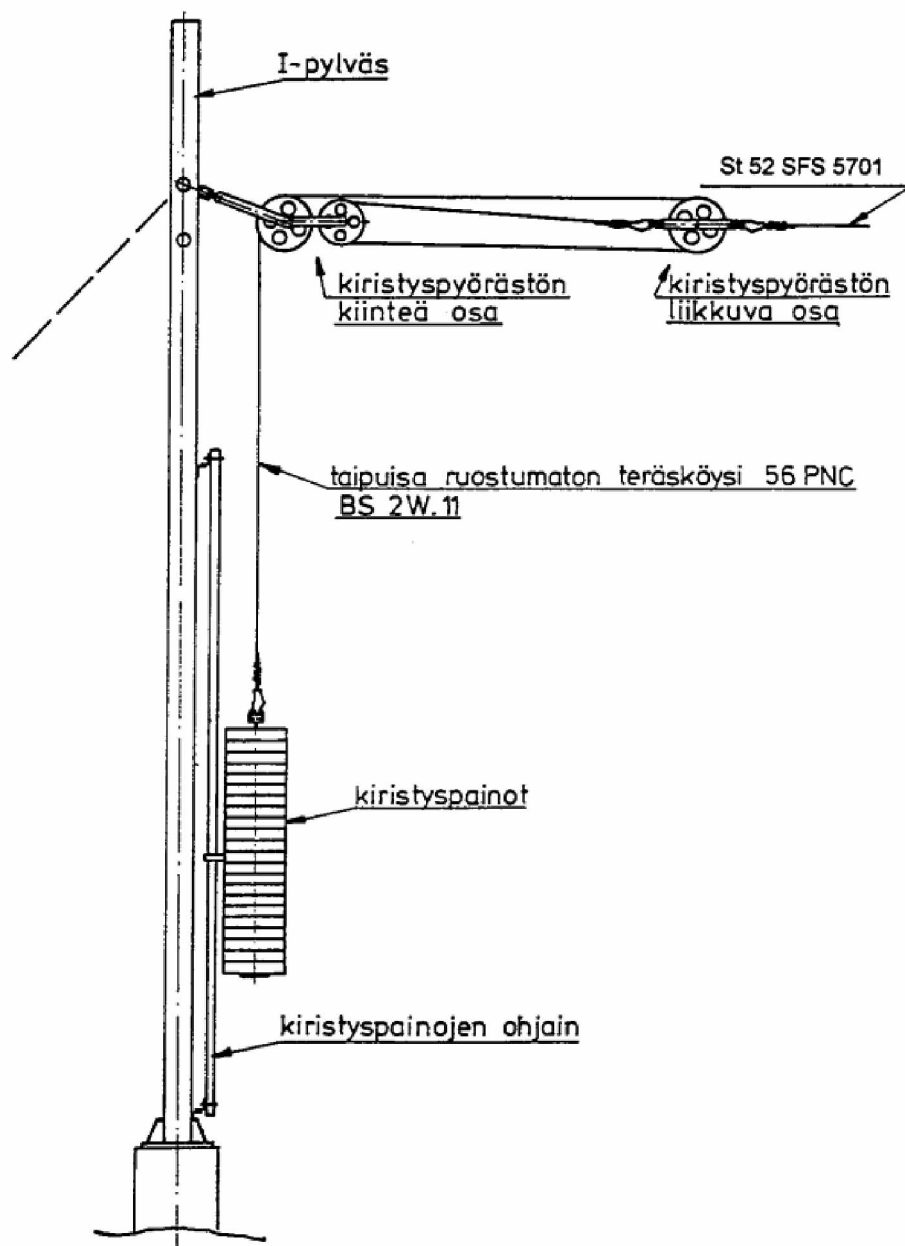
(SSR 8.6351/1) Erilliskiristetyin ajojohtimen
1-osainen kiristyslaitteisto I-pylväällä painot rinnakkain



(SSR 8.6351/2) Erilliskiristetyin ajojohtimen 1-osainen kiristyslaitteisto I-pylväällä painot peräkkäin

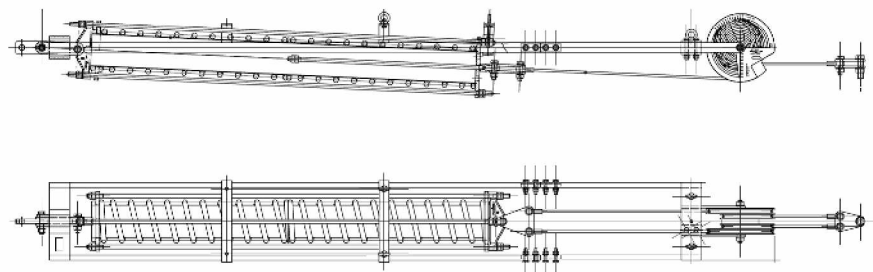


(SSR 8.6352) 2-osainen kiristyslaitteisto

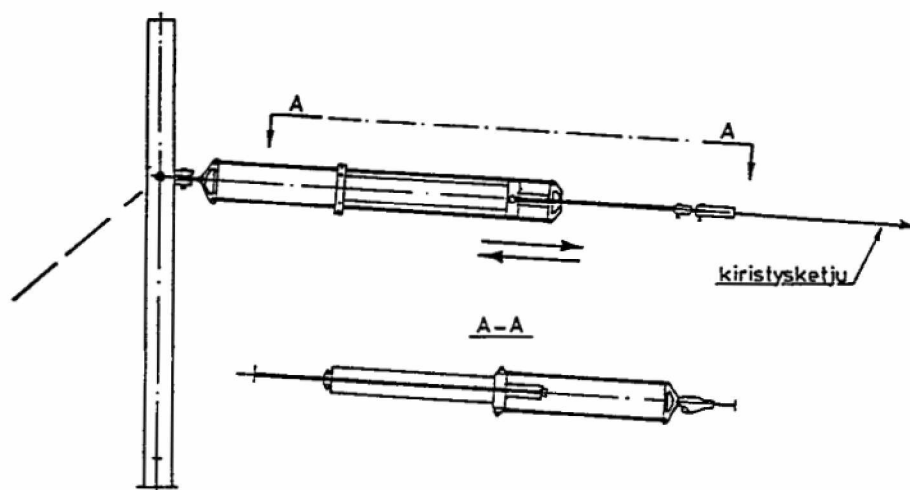


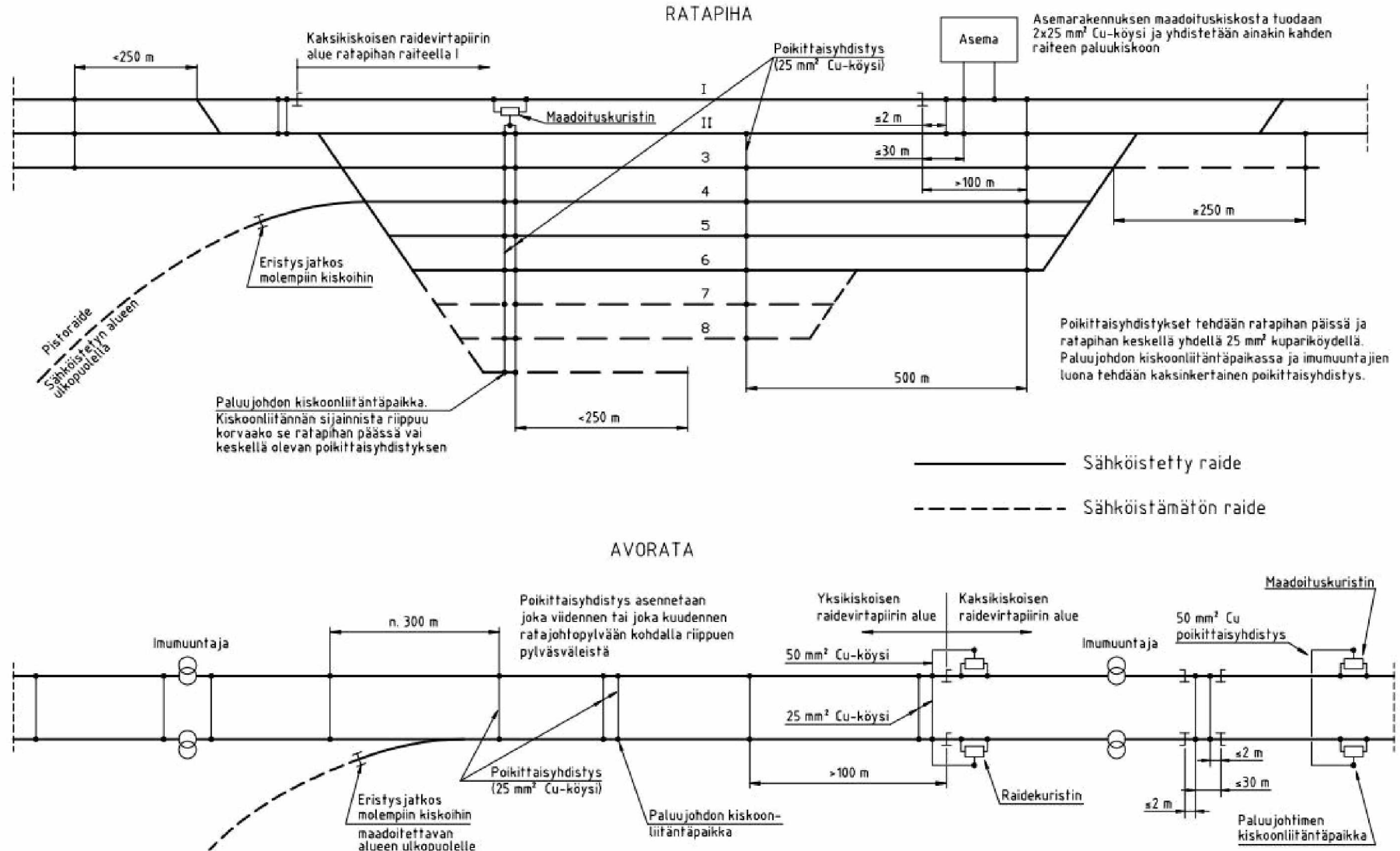
(SSR 8.6353) Jousi- ja pneumaattis-hydraulinen kiristyslaitteisto

JOUSIKIRISTYSLAITE

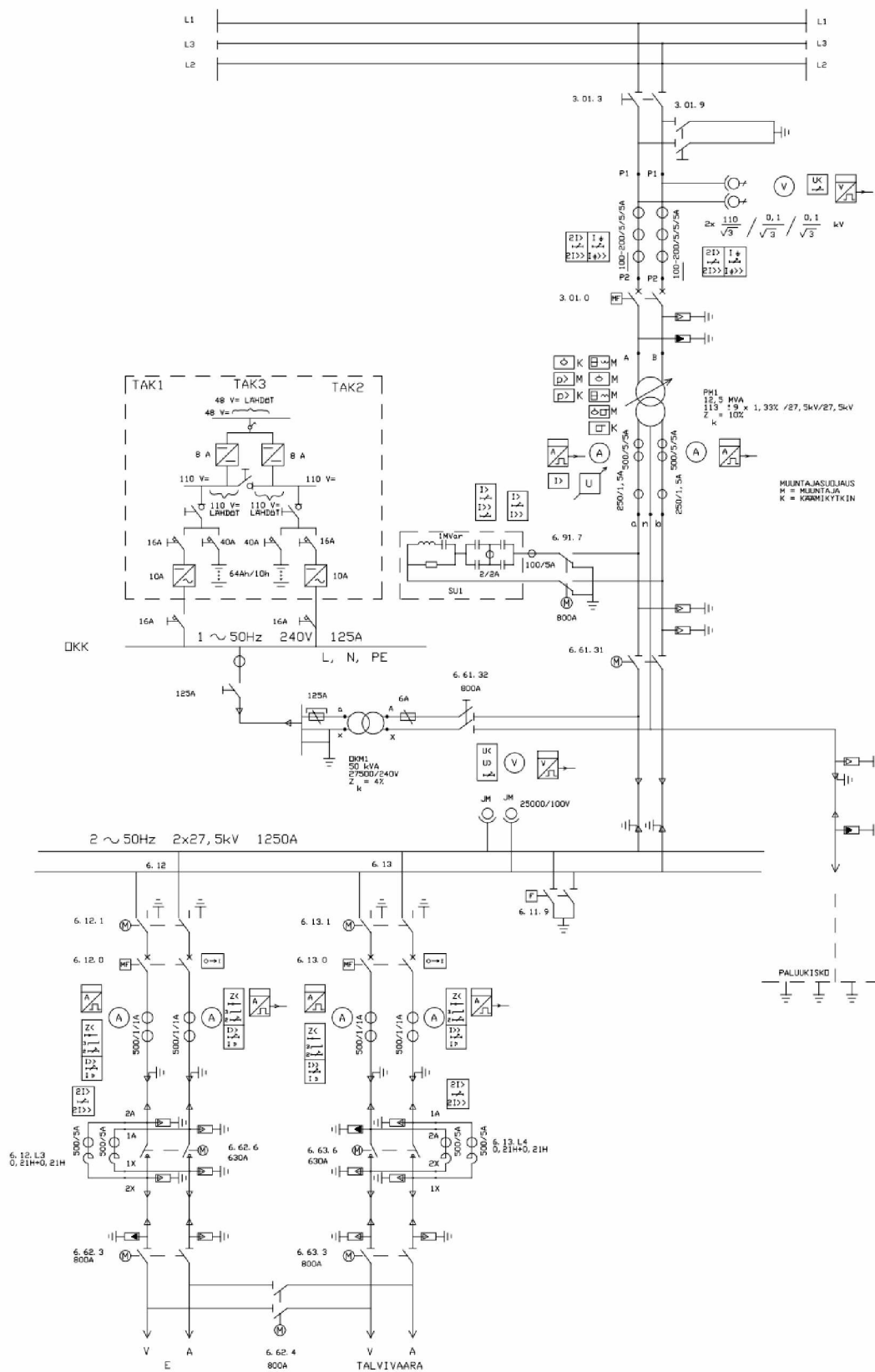


PNEUMAATTISHYDRAULINEN KIRISTYSLAITE

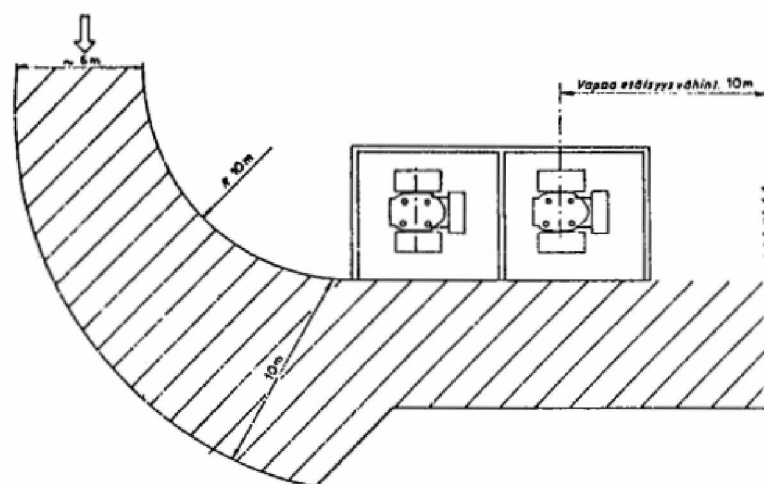
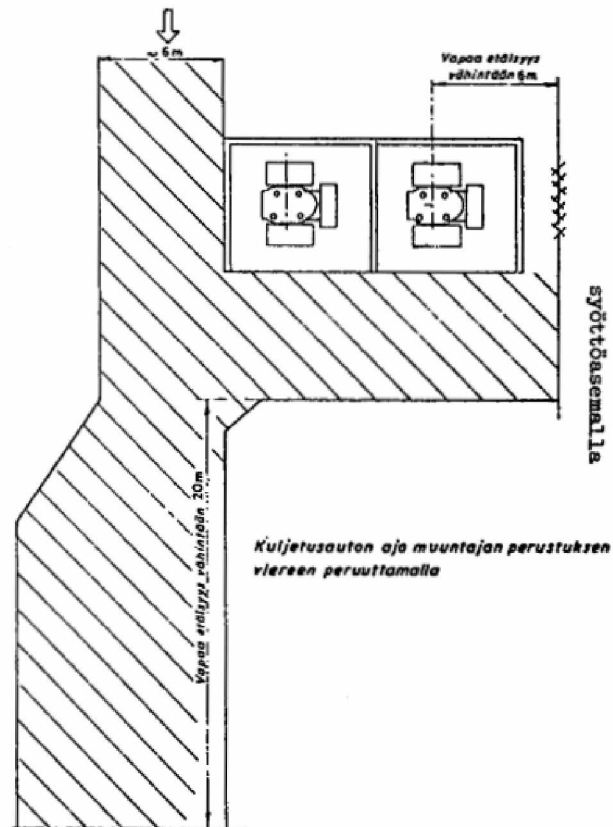


(SSR 8.6417) Paluukiskojen välinen poikittaisyhdistys ratapihalla ja avoradalla
(yksi- ja kaksikiskoisen raidevirtapiirin alueella)

Pääkaavio, 2x25 kV:n järjestelmä



(SSR 8.6505) Muuntajan kuljetusauton vaatimat tilat syöttöasemalla



Kuljetusauton ajo suoraan muuntajan perustuksen viereen

Ratajohtotyyppien jakautuminen rataosittain (8.6.2012)

